Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. J. DEUTICKE
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · A. KÜHN · M. v. LAUE
H. MARTIUS · R. W. POHL · W. WEIDEL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

45. JAHRGANG **HEFT 19** (ERSTES OKTOBERHEFT) **1958**

INHALT

Seite

KURZE BERICHTE

Der experimentelle Nachweis der Nichterhaltung der Parität durch Messung der zirkularen Polarisation von γ-Strahlen. Von H. SCHOPPER 453

Experimente mit dem Neutrino. Von G. LÜDERS 456

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN

Zur Diffusionstheorie der positiven Säule in elektronegativen Gasen. Von J. WILHELM 459

Die Vorgänge in den Poren von Masseplatten bei der Entladung des Bleisammlers mit großen Stromdichten. Von W. STEIN 459

Methode zum Sichtbarmachen von Leitfähigkeitsinhomogenitäten von Halbleitern. Von K. W. BÖER, H. J. HÄNSCH und U. KÜMMEL 460

Elektronenmikroskopische Untersuchung von Koerzit 250S. Von D. SCHULZE 460

Auswertung von Elektronenbeugungs-Aufnahmen nach der Methode der Fourier-Analyse. Von H. RICHTER und S. STEEB 461

Thalliumaktivierte Erdalkaliborate mit UV-Emission. Von H. WITZMANN und J. MALUR 462

Zum Emissionsverhalten aktivierter Erdalkalimetaantimonate. Von H. WITZMANN und H. KÖHLER 462

Strontiumcerat mit Emission im Sichtbaren. Von H. WITZMANN und E. GEGNER 462

Über die Atomanordnung der festen Lösung Gold—Nickel. Von A. MÜNSTER und K. SAGEL 462

Über eine lamellenartige Struktur an CdS-Kristallen. Von H. RADELT 463

Der Sr^{90}-Gehalt verschiedener Böden im Bundesgebiet und in West-Berlin. Von E. WELTE und A. SITTKUS 463

R_σ-Werte, auf eine Homologenreihe von Eichsubstanzen bezogene R_f-Werte, als reproduzible Konstanten bei der Dokumentation in der Papierchromatographie und ihre Verwendung zur Elimination von Gradienteneffekten und zur Konstitutionsaufklärung aus R_f-Werten. Von P. DECKER 464

„Abgeleitete", „gruppeninvariante" und „gruppenspezifische" Verteilungssysteme als Hilfsmittel bei der Konstitutionsaufklärung aus Verteilungsquotienten und papierchromatographischen R_f-Werten und ihre Beziehungen zu anderen additiven Stoffkonstanten. Von P. DECKER 465

Anwendung von Ionenaustauschern zur Reinigung der Ausgangsstoffe für Erdalkaliphosphat-Luminophore. Von H. WITZMANN und G. HAHN 466

Titration of Normal Serum by High Frequency Method. Von K. SAHA und S. N. CHAUDHURI 466

Seite

Neue Systeme zur Trennung der Corticosteroide durch Papier-Chromatographie. Von M. PRUSÍKOVÁ 466

Thermal Decomposition of Antibiotics. Von W. W. WENDLANDT und M. ZIEF 467

Die immunologischen Eigenschaften der Phosphoglukomutase. Von G. BOT und I. RÉDAI 467

Morphologische und histochemische Veränderungen im reticuloendothelialen System (RES) nach Verabreichung von Hyaluronsäure. Von F. TISCHENDORF und S. B. CURRI 468

Vorkommen, Verteilung und quantitative Veränderung des β-Inhibitors in den einzelnen Organen der Bohnenpflanze. Von M. VARGA und E. KÖVES 468

Catecholamine and Baroreceptors (Cardioaortic). Von S. R. MUKHERJEE, B. N. KOLEY und J. MITRA 469

Effects of Hypothermia on the Vascular Response Induced by Occlusion of the Common Carotids. Von S. R. MUKHERJEE und P. K. DEY 469

5-Hydroxytryptamin und Acetylcholin als Wirkungsantagonisten beim Helix-Herzen. Von K. MENG 470

Untersuchungen über den Einfluß einer Wuchsstoffbehandlung von Tomatenpflanzen auf den ernährungsphysiologischen Wert der Früchte. Von W. WEINMANN 470

Weitere Untersuchungen zur immunologischen Charakterisierung des Agens der myeloischen Leukämie der Maus. Von A. GRAFFI, F. FEY und F. HOFFMANN 471

Beeinflussung der myeloischen Filtratleukämien der Maus durch Splenektomie. Von F. FEY und A. GRAFFI 471

Der Einfluß von Actinomycin-I auf die Stoffwechselgrößen von Ehrlich-Ascites-Tumorzellen. Von P. PRÄVE und FR. KRÖNING 472

Eine neue Art der Beurteilung der Assimilationsfähigkeit der Hefe. Von A. KOCKOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ und A. VOJTKOVÁ-LEPŠÍKOVÁ 473

Zur Struktur des Bakterienzellkerns. Von P. GIESBRECHT . . 473

Eine lichtelektrische Methode zur drahtlosen Fernreizung von freibeweglichen Tieren. Von W. JECHOREK 474

BESPRECHUNGEN

Handbuch der Physik. Bd. 17: Dielektrika. (Ref.: G. A. BUSCH) 475

M. HARTMANN, Gesammelte Vorträge und Aufsätze. Bd. 1. (Ref.: F. SEIDEL) 475

M. PLANCK, Physikalische Abhandlungen und Vorträge. (Ref.: E. LAMLA) 476

J. TISCHER, Mikrowellen-Meßtechnik. (Ref.: E. MEYER) . . . 476

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Euchen*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nehmen jede Buchhandlung und jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anschrift der Redaktion:
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, Fernsprecher 83 03 01) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinn der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Redaktionelle Hinweise

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen engbegrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

BAUSCH & LOMB-GITTER

PLANGITTER für Transmission oder Reflexion
Außenfläche rechteckig,
quadratisch oder rund
gravierte Fläche quadratisch
oder rechteckig
Teilstriche pro mm bis 2160

KONKAVGITTER Außenfläche rund oder rechteckig
gravierte Fläche quadratisch
oder rechteckig
Teilstriche pro mm bis 1200

Zum Selbsteinbau in den verschiedensten Abmessungen und optischen Kennungen
In DM durch uns laut Liste oder Angaben lieferbar

Deutschlandvertretung:
LUDWIG HORMUTH · INH.: W. E. VETTER
Heidelberg, Postfach 127 · Wiesloch i. B. Postfach 1

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

45. Jahrgang Heft 19 (Erstes Oktoberheft) 1958

Kurze Berichte

Der experimentelle Nachweis der Nichterhaltung der Parität durch Messung der zirkularen Polarisation von γ-Strahlen *)

Von H. SCHOPPER, Mainz

1. Einleitung

Man lernt schon auf der Schule, daß die Grundlage der Physik die sogenannten Erhaltungssätze für Energie, Linear- und Drehimpuls sind. Es ist weniger bekannt, daß diese Erhaltungssätze nichts anderes als der Ausdruck dafür sind, daß das physikalische Raum-Zeit-Kontinuum homogen und isotrop ist, oder mit anderen Worten, daß die Form der Naturgesetze nicht davon abhängt, welches spezielle Koordinatensystem man zur Beschreibung der Naturvorgänge benützt. Offenbar „wissen" die Naturvorgänge nichts davon, wohin man den Ursprung des Koordinatensystems legt und wie man es ausrichtet. Im einzelnen läßt sich zeigen, daß die Invarianz der Naturgesetze gegenüber einer Translation gleichbedeutend mit der Erhaltung des Linearimpulses ist, während die Invarianz gegenüber Drehungen des Koordinatensystems äquivalent mit der Erhaltung des Drehimpulses ist. Daß die Energie erhalten wird, rührt daher, daß man den Zeit-

Tabelle 1

	Invarianz gegenüber der Transformation	entspricht einem Erhaltungsgesetz für die Größe
Kontinuierliche Transformationen	Translation Drehung Verschiebung des Zeitnullpunktes	Linearimpuls Drehimpuls Energie
„Spiegelungen"	Raumspiegelung ($r \to -r$) Ladungsspiegelung (Teilchen → Antiteilchen) Zeitspiegelung ($t \to -t$)	Parität Ladungsparität –
	Eichinvarianzen der Potentiale	elektr. Ladung Nukleonenzahl Leptonenzahl

Nullpunkt beliebig verschieben kann, denn sicherlich hängt die Form der Naturgesetze nicht davon ab, wann man in einem speziellen Experiment die Stoppuhr einschaltet[1]).

Die bisher genannten Transformationen haben gemeinsam, daß sie in beliebig kleinen Schritten ausgeführt werden können, sie sind *kontinuierlich*. Es gibt aber weitere Transformationen, die diskontinuierlich sind. Es sind dies die „*Spiegelungen*", bei denen es ein Objekt und sein Spiegelbild, aber keinen allmählichen Übergang zwischen diesen beiden gibt. Zu diesen verallgemeinerten Spiegelungen gehören (vgl. Tabelle 1) die Raumspiegelung (Spiegelung am Koordinatenursprung)[2]), die Zeitspiegelung (Umkehr des Bewegungsablaufes) und die sogenannte Ladungsspiegelung (Ladungskonjugation), bei der man sich alle Ladungen eines bestimmten Vorzeichens durch solche des entgegengesetzten Vorzeichens ersetzt denken muß. Etwas genauer ist es allerdings, zu sagen, daß man alle Teilchen durch ihre Antiteilchen zu ersetzen hat, also z. B. die Elektronen durch Positronen oder die Neutronen durch Antineutronen.

Die Tatsache, daß diese Spiegelungen nicht zu den kontinuierlichen Transformationen gehören, macht sich dadurch bemerkbar, daß sie im Bereich der klassischen Physik nicht zu Erhaltungssätzen führen. In der Quantenphysik jedoch entspricht die Invarianz der Naturgesetze gegenüber einer Raumspiegelung, d. h. dem Übergang von einem rechtshändigen Koordinatensystem zu einem linkshändigen, der Erhaltung der sogenannten Parität. Auf die genaue Definition dieser Größe soll hier jedoch nicht eingegangen werden. Ähnlich läßt sich auf Grund der Invarianz der Naturgesetze gegenüber einer Ladungsspiegelung[3]) in manchen Fällen die Erhaltung der Ladungsparität formulieren. Für die Invarianz gegenüber Zeitspiegelungen läßt sich dagegen aus Gründen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, kein Erhaltungssatz angeben.

Es muß hier jedoch betont werden, daß sich diese Invarianzen nur auf die *Naturgesetze*, nicht dagegen auf einzelne Objekte beziehen. So können z. B. sehr wohl die Naturgesetze gegenüber Raumspiegelungen invariant sein, und trotzdem gibt es Gegenstände, die sich bei einer Spiegelung ändern. Eine Rechtsschraube z. B. geht bei einer Spiegelung in eine Linksschraube über oder ein rechter Handschuh in einen linken. Die Invarianz der Naturgesetze kommt aber darin zum Ausdruck, daß bei der Erzeugung solcher asymmetrischer Objekte mit Hilfe physikalischer Prozesse die Bildungswahrscheinlichkeit für beide Schraubensinne die gleiche ist. Zuckermolekeln besitzen bekanntlich einen Schraubensinn, der sich darin äußert, daß eine Zuckerlösung die Polarisationsebene von linear polarisiertem Licht zu drehen vermag. Man spricht von Rechts- und Links-Zucker. Stellt der Chemiker auf synthetischem Wege Zucker her, dann erhält er stets gleich viele rechts- und linksdrehende Moleküle. Man spricht von einem razemischen Gemisch.

Veranlaßt durch Unstimmigkeiten bei den Mesonenzerfällen, warfen LEE und YANG [7] die Frage auf, ob die Spiegelungsinvarianz bei den schwachen Wechselwirkungen (zu denen der radioaktive β-Zerfall und die Mesonenzerfälle gehören) tatsächlich erfüllt ist. Sie wiesen darauf hin, daß zwar eine Reihe von Experimenten zeigt, daß bei den starken Wechselwirkungen (Kern- und elektromagnetische Kräfte) die Invarianzen erfüllt seien, daß aber für den β-Zerfall bisher kein Experiment im Hinblick auf diese Fragestellung ausgeführt worden war. Niemand hatte die Nichtgültigkeit der Spiegelungsinvarianz ernstlich in Erwägung gezogen, denn wer würde glauben, daß z. B. die bei der Uranspaltung freiwerdende Energie verschieden ist, je nachdem ob man sie in einem rechts- oder linkshändigen Koordinatensystem beobachtet. Es gehörte eine beträchtliche Kühnheit dazu, um diese so selbstverständlich erscheinenden Vorstellungen beiseite zu schieben und Experimente vorzuschlagen, die eine Prüfung der Spiegelungsinvarianz bei den schwachen Wechselwirkungen ermöglichen.

Das erste dieser Experimente wurde von WU und Mitarbeitern [15] im Januar 1957 ausgeführt und ergab, daß beim β-Zerfall entgegen allen Erwartungen ein Schraubensinn ausgezeichnet ist. Dieses Experiment wurde in einem früheren Bericht von LÜDERS [8a] ausführlich beschrieben. Im Prinzip besteht es darin, daß man die Drehimpulse von Co^{60}-Kernen bei sehr tiefen Temperaturen in einem Magnetfeld ausrichtet und untersucht, ob gleichviele β-Teilchen parallel und antiparallel dazu ausgesendet werden. Es zeigt sich, daß mehr Teilchen antiparallel zum Kernspin emittiert werden. Der Drehsinn der Kerne bildet aber zusammen mit dieser bevorzugten Aussendungsrichtung einen ausgezeichneten

*) Ausarbeitung eines Vortrages, der anläßlich der Verleihung des Physikpreises am 29. September 1957 vor der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen gehalten wurde.

[1]) Es sind also alle *ruhenden* raumzeitlichen Koordinatensysteme gleichwertig. Diese Aussage ist nicht so weitgehend wie diejenige der speziellen Relativitätstheorie, in der die Äquivalenz gleichförmig gegeneinander bewegter Koordinatensysteme behauptet wird.

[2]) Die Spiegelung am Koordinatenursprung kann man zusammensetzen aus einer gewöhnlichen Spiegelung (Vertauschung von rechts und links) und einer Drehung um 180°.

[3]) Dies bedeutet, daß man in einer „Antiwelt", die aus Antiprotonen und Antineutronen aufgebaut ist, die gleichen Naturgesetze finden würde wie in unserer Welt.

Schraubensinn. Die Beobachtung dieser anisotropen Elektronenemission zeigt daher, daß die Spiegelungssymmetrie verletzt ist, oder anders ausgedrückt, daß die Parität nicht erhalten wird.

2. Die Messung der zirkularen Polarisation einer dem β-Zerfall folgenden γ-Strahlung (Umkehrung des Wu-Experimentes)

Die Messung der anisotropen Elektronenemission an ausgerichteten Kernen besitzt mehrere Nachteile. Nur wenige Elemente lassen sich bei tiefen Temperaturen ausrichten, und dieser Vorgang ist experimentell so schwierig, daß keine große Meßgenauigkeit erzielt werden kann. Es erwies sich daher als wichtig, daß sich dieses Experiment gewissermaßen umkehren läßt. Während im Wu-Experiment die Drehimpulse der Kerne *vor* dem β-Zerfall ausgerichtet wurden und die bevorzugte Aussendung von β-Teilchen beobachtet wurde, kann man umgekehrt von nicht ausgerichteten Kernen ausgehen und β-Teilchen in einer bestimmten Richtung nachweisen. Falls die Spiegelungsinvarianz verletzt ist, muß man erwarten, daß *nach* der Emission der β-Teilchen der zurückbleibende Kern eine gewisse Ausrichtung parallel oder antiparallel zur Emissionsrichtung der β-Teilchen besitzt. Eine Schwierigkeit besteht allerdings darin, diese Ausrichtung der Tochterkerne nachzuweisen.

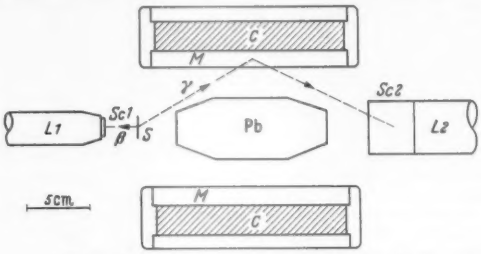

Fig. 1. Versuchsanordnung nach SCHOPPER [11]

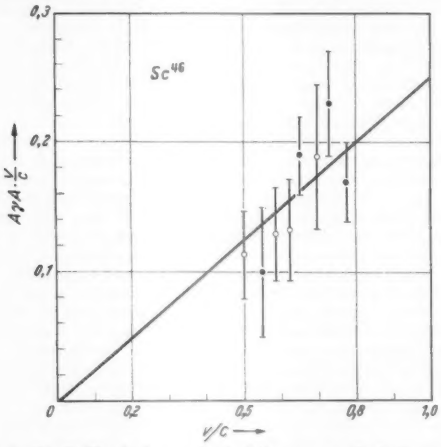

Fig. 2. Die Größe $A_\gamma A \cdot v/c$ als Funktion von v/c für Sc^{46}. ● nach STEFFEN et al. [14], ○ nach SCHOPPER und JÜNGST [13]

Dazu kann man sich folgenden Umstand zunutze machen. Senden ausgerichtete Kerne eine γ-Strahlung aus, dann wird die Ausrichtung der Kernspins zum Teil auf die Quanten übertragen, deren Spin dann bevorzugt parallel oder antiparallel zu ihrer Flugrichtung steht. Man spricht in diesem Falle von einer zirkularen Polarisation der γ-Quanten. Diese läßt sich nachweisen, wenn man die Quanten an ausgerichteten Elektronen streut. Der Compton-Streuquerschnitt hängt von der gegenseitigen Orientierung des Quanten- und Elektronenspins ab. Ausgerichtete Elektronen sind in magnetisiertem Eisen vorhanden, allerdings können selbst bei magnetischer Sättigung nur etwa 8% der Elektronen polarisiert werden. Streut man daher zirkular polarisierte Quanten an magnetisiertem Eisen, dann ändert sich die Streuintensität beim Umpolen der Magnetisierung.

Auf Grund dieser Überlegungen kommt man zu der in Fig. 1 dargestellten experimentellen Anordnung [11]. Die vom Präparat *S* nach links ausgesandten β-Teilchen werden in einem Szintillationszähler *Sc 1* nachgewiesen. Die annähernd entgegengesetzt dazu emittierten γ-Quanten werden an der Innenseite des Magneten *M* (magnetisiert mit Hilfe der Spule *C*) gestreut und im Szintillationszähler *Sc 2* gezählt. Die direkte γ-Strahlung wird durch den Bleiabsorber *Pb* abgeschirmt. Man zählt das gleichzeitige Eintreffen eines Elektrons im Zähler *1* und eines γ-Quants im Zähler *2* („Koinzidenz"; „gleichzeitig" bedeutet innerhalb von etwa 10^{-8} sec). Dann kehrt man die Richtung des Spulenstromes und damit die Magnetisierung um und stellt fest, um wieviel sich die Zahl der β-γ-Koinzidenzen in einer vorgegebenen Zeit geändert hat. Die Schwierigkeit des Experimentes besteht darin, daß selbst bei vollständiger Polarisation der γ-Quanten die Änderungen der Zählraten nur einige Prozent betragen. Dies rührt daher, daß nur wenige Elektronen im Eisen ausgerichtet werden können.

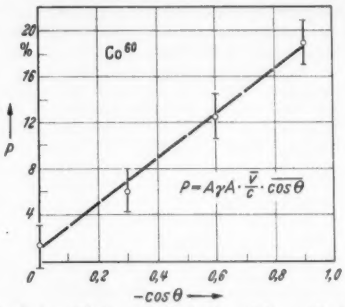

Fig. 3. Grad der zirkularen Polarisation *P* der γ-Strahlung (in %) in Abhängigkeit von Θ für Co^{60} nach APPEL [1]

Die ersten Messungen [11] an Co^{60} und Na^{22} ergaben Effekte, die in Übereinstimmung mit den Messungen der Elektronenanisotropie stehen. Auch sie deuten auf eine größtmögliche Verletzung der Parität hin.

Die Theorie liefert für den zirkularen Polarisationsgrad der γ-Quanten folgenden Ausdruck:

$$P = A_\gamma A \cdot (v/c) \cos\Theta,$$

wobei A_γ ein Koeffizient ist, der von der speziellen Art des γ-Überganges abhängt und für viele Zerfälle bekannt ist ($A_\gamma = 1/3$ für Co^{60}). *A* ist die hier am meisten interessierende Größe, die nur dann von Null verschieden ist, wenn die Invarianz gegenüber Raumspiegelung verletzt ist. Daneben hängt *A* auch noch von der Art des β-Überganges ab. Im Falle des Co^{60} ist bei maximaler Paritätsverletzung $|A| = 1$. *v* und *c* sind die Geschwindigkeiten der β-Teilchen und des Lichtes, und Θ ist der Winkel zwischen der Aussendungsrichtung der β-Teilchen und der γ-Quanten.

Die Gültigkeit dieser Beziehung wurde experimentell nachgeprüft, indem erstens der Polarisationsgrad für verschiedene Elektronengeschwindigkeiten (Fig. 2) und verschiedene Winkel Θ (Fig. 3) gemessen wurde. Innerhalb der allerdings noch großen Meßfehler wird der erwartete Verlauf bestätigt. Von besonderem Interesse ist eine möglichst genaue Bestimmung von *A*. Die besten bisher durchgeführten Messungen [1], [3] lieferten $A = -1{,}014 \pm 0{,}054$. Dies ist der bisher genaueste Hinweis dafür, daß die Invarianzen gegenüber Raum- und Ladungsspiegelungen maximal verletzt sind.

3. Weitere Messungen der zirkularen Polarisation von γ-Strahlen

Aus den in Abschnitt 2 beschriebenen Experimenten läßt sich keine Aussage über die *Invarianz gegenüber Zeitumkehr* gewinnen. Dies ist aber möglich, wenn ähnliche Untersuchungen an sogenannten gemischten β-Übergängen durchgeführt werden. Messungen an Sc^{46} [4], [13]

und Zr^{95} [2] scheinen darauf hinzudeuten, daß diese Invarianz zumindest nicht stark verletzt ist.

Eine weitere Folge der Nichterhaltung der Parität besteht darin, daß die beim β-Zerfall emittierten *Elektronen longitudinal polarisiert* sind, d. h., ihr Spin steht bevorzugt parallel oder antiparallel zur Flugrichtung. Diese longitudinale Elektronenpolarisation läßt sich auf folgende Weise mit Hilfe der zirkularen Polarisation von γ-Quanten messen. Wenn Elektronen plötzlich abgebremst werden, dann entsteht bekanntlich eine Röntgenstrahlung. Die Theorie sagt nun voraus, daß diese Bremsstrahlung zirkular polarisiert ist, wenn sie bei der Abbremsung longitudinal polarisierter Elektronen entstanden ist. Die zirkulare Polarisation dieser *(äußeren)* Bremsstrahlung kann, wie beschrieben, durch Streuung an magnetisiertem Eisen gemessen werden. Die experimentellen Ergebnisse weisen wieder auf maximale Paritätsverletzung hin [5a]. Auch die beim β-Zerfall gleichzeitig mit den Elektronen emittierte *innere* Bremsstrahlung besitzt eine zirkulare Polarisation [12].

Weitere Aussagen lassen sich aus folgendem Experiment gewinnen:

Eine besondere Art des β-Zerfalls ist der sogenannte Elektroneneinfang. Dabei fängt der Kern aus der Hülle des Atoms ein Elektron ein, und die dabei frei werdende Energie wird durch ein Neutrino[1]) fortgetragen oder manchmal auch zum Teil durch eine nachfolgende γ-Strahlung. Falls bei diesem Vorgang die Parität nicht erhalten wird, ist auch diese γ-Strahlung zirkular polarisiert, wenn sie entgegengesetzt zum Neutrino ausgesandt wird. Da das Neutrino jedoch nicht ohne weiteres beobachtbar ist, muß bei diesem Experiment ein besonderer Kunstgriff angewandt werden, der hier jedoch nicht beschrieben werden kann [5b].

Die Interpretation dieses Experimentes erlaubt unmittelbar einen Schluß über den Schraubensinn des Neutrinos. Es zeigte sich, daß es einen Eigendrehimpuls besitzt, der antiparallel zu seiner Flugrichtung steht, so daß es eine Linksschraube bildet. Dies läßt vermuten, daß das beim β^--Zerfall ausgesandte Antineutrino eine Rechtsschraube bildet. Kombiniert man dieses Ergebnis mit den Resultaten der in Abschnitt 2 beschriebenen Experimente ($A = -1$), dann erhält man eine Aussage über die Art der β-Wechselwirkung. Es zeigt sich, daß von den 5 prinzipiell möglichen Anteilen[2]) in überwiegendem Maße nur zwei vorhanden sind, nämlich die vektorielle und die axialvektorielle Wechselwirkung.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es durch die beschriebenen Experimente sichergestellt ist, daß beim β-Zerfall die Invarianz gegenüber Raum- und Ladungsspiegelung praktisch maximal verletzt ist. Die Invarianz gegenüber Zeitumkehr scheint dagegen nicht oder nur wenig verletzt zu sein. Über die Erhaltung der Leptonenzahl[3]) weiß man noch nichts Endgültiges. An der Gültigkeit der übrigen in der Tabelle aufgeführten Erhaltungssätze hat sich dagegen nichts geändert [16].

4. *Deutungsversuche*

Das unerwartete Ergebnis dieser Versuche warf die Frage auf, wie man die Bevorzugung eines bestimmten Schraubensinnes in der Natur verstehen kann. Eine Möglichkeit bestünde darin, daß die radioaktiven Kerne schon vor dem β-Zerfall einen Schraubensinn besitzen, so etwa wie manche Molekeln oder Kristalle. Dem muß man entgegenhalten, daß nach allen bisherigen Erfahrungen die Teilchen, aus denen die Atomkerne aufgebaut sind, sich eher wie die Molekeln einer Flüssigkeit verhalten, d.h., sie sind leicht gegeneinander verschiebbar. Die Bildung eines Schraubensinnes ist dann aber nicht möglich, da dazu eine starre Verbindung einzelner Teilchen notwendig ist.

Eine andere Erklärungsmöglichkeit bestünde darin, daß eines der am β-Zerfall beteiligten Teilchen einen Schraubensinn besitzt. Eine Zeitlang schien eine solche Deutung sehr attraktiv [16]. Es zeigte sich nämlich, daß die Tatsache, daß das Neutrino ein masseloses Teilchen ist, sehr eng mit dem Vorhandensein eines ausgezeichneten Schraubensinnes zusammenhängt („Zweikomponententheorie"). Eine genauere theoretische Analyse ergab jedoch, daß sich auf diese Weise die maximale Verletzung der Parität zwar sehr elegant mathematisch formulieren läßt, daß man der Ursache dafür letzten Endes aber nicht näher gekommen ist.

Vielleicht könnten durch einen Vorschlag von LANDAU [6] die Schwierigkeiten, in die unsere Vorstellung vom physikalischen Raum durch die Verletzung der Spiegelungsinvarianz geraten ist, wenigstens teilweise behoben werden. Aus einem allgemeinen Theorem [8b], [9] folgt, daß, wenn eine der drei Spiegelungsinvarianzen verletzt ist, wenigstens eine weitere auch nicht gelten kann. Die geschilderten Versuche ergaben, daß außer der Invarianz gegenüber Raumspiegelungen auch diejenige gegenüber Ladungsspiegelungen verletzt wird. Letzteres bedeutet, daß ein Physiker, der in einer „Antiwelt"[4]) dieselben Versuche durchführen würde, stets das entgegengesetzte Vorzeichen verglichen mit unseren Versuchen erhalten würde,

Andererseits bedeutet aber die Nichterhaltung der Parität, daß man auch bei der Beobachtung der Natur durch einen Spiegel eine Vorzeichenumkehr bei den geschilderten Versuchen erhält. Führt man beide Spiegelungen gleichzeitig aus, dann ändert sich das Vorzeichen zweimal, und man erhält wieder den ursprünglichen Wert. In einer räumlich gespiegelten Antiwelt würden daher alle Experimente das gleiche Resultat ergeben wie in unserer Welt. Dies führte LANDAU zu folgendem Gedanken. Der Auszeichnung eines bestimmten Schraubensinnes in unserem Milchstraßensystem könnte die Bevorzugung des entgegengesetzten Schraubensinns in einem Spiralnebel entsprechen, der aus Antiteilchen aufgebaut ist. Die Symmetrie des Raumes wäre dann in einem gewissen Sinne wiederhergestellt, da die Auszeichnung eines Schraubensinnes sozusagen nur örtlichen Charakter hätte.

Einen anderen Deutungsversuch unternahm SHAPIRO [10]. Eine für den β-Zerfall charakteristische Länge ist von der Größenordnung 10^{-17} cm, also wesentlich kleiner als die Reichweite der Kernkräfte ($\sim 10^{-13}$ cm). Dieser Verfasser glaubt daher, daß in so kleinen Raumdimensionen die Unterscheidung eines Schraubensinnes überhaupt nicht möglich ist. Beim Übergang zu größeren Dimensionen würde diese Eigenschaft verloren gehen.

Diese noch sehr unvollständigen Versuche zeigen, daß man über die wahren Ursachen für die Paritätsverletzung noch sehr wenig weiß. Trotzdem lassen sich schon jetzt eine Reihe von interessanten Konsequenzen erkennen. Daß wir wahrscheinlich unsere Vorstellung vom physikalischen Raum und insbesondere seiner Spiegelungssymmetrie einer Kritik unterziehen müssen, ist wahrscheinlich. Zu konkreten Ergebnissen führte die Kenntnis von der Nichterhaltung der Parität bei den schwachen Wechselwirkungen bereits in der Physik der Elementarteilchen. Die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet ist noch nicht abzusehen.

Weiterhin wurde folgende interessante Spekulation angestellt: In der allgemeinen Relativitätstheorie wird die gegenseitige Anziehung der Massen auf die Struktur des Raumes zurückgeführt. Andererseits wurde oben ausgeführt, daß auch die Nichterhaltung der Parität, einer rein quantenmechanischen Größe, eng mit der Raumstruktur verknüpft ist. Vielleicht könnte sich daraus einmal die Möglichkeit einer Verbindung zwischen Gravitation und Quantenmechanik ergeben, die bisher fast beziehungslos neben einander existierten.

Zuletzt soll noch kurz erwähnt werden, daß sich auch für die Chemie und Biologie neue Gesichtspunkte ergeben haben. Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde, erhält man bei der synthetischen Herstellung von Zucker stets ein optisch nicht aktives Gemisch,

[1]) Beim β-Zerfall wird gleichzeitig mit dem β-Teilchen ein ungeladenes, masseloses Teilchen ausgesandt, das den Spin $^1/_2$ besitzt. Man nennt das beim Elektronenzerfall emittierte Teilchen Antineutrino, das beim Positronenzerfall und K-Einfang ausgesandte Teilchen Neutrino.

[2]) Auf Grund ihrer verschiedenen Transformationseigenschaften unterscheidet man die skalare, vektorielle, tensorielle, axialvektorielle und pseudoskalare Wechselwirkung.

[3]) „Lepton" ist ein Sammelname für Elektron und Neutrino und ihre Antiteilchen, Positron und Antineutrino ($\lambda\epsilon\pi\tau\acute{o}\varsigma$ = zart, leicht).

[4]) Dies ist eine Welt, in der alle Teilchen durch Antiteilchen ersetzt sind, also Protonen durch Antiprotonen, Elektronen durch Positronen usw. Einige astronomische Beobachtungen lassen die Existenz solcher Antispiralnebel möglich erscheinen.

was mit der Invarianz gegenüber Raumspiegelungen in bestem Einvernehmen ist. Nun ist aber wohl bekannt, daß Lösungen, die aus pflanzlichem Zucker hergestellt werden, optisch aktiv sind. Dies hat seine Ursache darin, daß solche Zuckermolekeln einen Schraubensinn besitzen, der bei allen Pflanzenarten übereinstimmt. Eine solche aktive Lösung läßt sich aber, wie neuere Versuche zeigten, auch auf künstlichem Wege herstellen. Gewisse Kristalle entstehen stets mit einem bestimmten Schraubensinn, wenn sie während des Kristallwachstums mit β-Teilchen bestrahlt werden. Umgekehrt wird eine razemische Lösung bei der Bestrahlung mit β-Teilchen optisch aktiv, da Molekeln mit einem bestimmten Schraubensinn leichter zerstört werden als diejenigen mit dem entgegengesetzten Schraubensinn. In beiden Versuchen wird augenscheinlich der Schraubensinn, den die β-Teilchen wegen der Paritätsverletzung besitzen, zum Teil auf die bestrahlte Substanz übertragen.

Literatur

[1] APPEL, H.: Diss. Erlangen 1958. — [2] APPEL, H., u. H. SCHOPPER: Z. Physik 149, 103 (1937). — [3] APPEL, H., H. SCHOPPER u. S. D. BLOOM: Phys. Rev. 109, 2211 (1958). — [4] BOEHM, F., u. H. WAPSTRA: Phys. Rev. 107, 1207 (1957). — [5] GOLDHABER, M., L. GRODZINS u. A. W. SUNYAR: Phys. Rev. a) 106, 826 (1957); b) 109, 1015 (1958). — [6] LANDAU, L.: Nuclear Phys. 3, 127 (1957). — [7] LEE, T. D., u. C. N. YANG: Phys. Rev. 104, 254 (1956). — [8] LÜDERS, G.: a) Naturwiss. 44, 273 (1957). — b) Dan. Mat. Fys. Medd. 28, Nr 5 (1954). — [9] PAULI, W.: NIELS BOHR and the development of Physics. London: Pergamon Press 1955. — [10] SCHAPIRO, I. S.: Fortschr. Phys. 5, 515 (1958). — [11] SCHOPPER, H.: Phil. Mag. 2, 710 (1957). — [12] SCHOPPER, H., u. S. GALSTER: Nuclear Phys. 6, 125 (1958). — [13] SCHOPPER, H., u. W. JÜNGST: Unveröffentlichte Messungen. — [14] STEFFEN, u. Mitarb.: Private Mitteilung. — [15] WU, C. S., E. AMBLER, R. W. HAYWARD, D. D. HOPPES u. R. P. HUDSON: Phys. Rev. 105, 1413 (1957). — [16] Man vergleiche auch folgende zusammenfassende Berichte: FRISCH, O. R., u. T. H. R. SKYRME: Progr. Nuclear Phys. 6, 267 (1957). — SCHOPPER, H.: Fortschr. Phys. 5, 581 (1957). — Proceedings of the Rehovoth Conference on Nuclear Structure. Amsterdam: North-Holland Publishing Comp. 1958.

Mainz, Institut für Kernphysik der Universität

Eingegangen am 12. Mai 1958

Experimente mit dem Neutrino

Von G. LÜDERS, Göttingen

1. *Geschichte der Neutrinohypothese*

Das Neutrino wurde im Jahre 1930 von W. PAULI als hypothetisches Teilchen in die Physik eingeführt[1]), um eine Schwierigkeit beim Verständnis des β-Zerfalls der Atomkerne zu überwinden. Beim β-Zerfall ändert bekanntlich ein Kern unter Beibehaltung der Massenzahl seine Ladung um eine Einheit, wobei die Ladungsänderung durch Emission eines [negativ oder positiv geladenen[2])] Elektrons ausgeglichen wird. Die beteiligten Zustände des Ausgangs- und des Endkerns besitzen, sowohl nach grundsätzlichen quantentheoretischen Überlegungen wie nach experimentellen Befunden, scharfe Energiewerte; wenn im β-Zerfall der Energiesatz gilt, sollte man daher Zerfallselektronen einheitlicher Energie (im wesentlichen gleich der Energiedifferenz zwischen Anfangs- und Endzustand der beteiligten Kerne) erwarten. Experimentell findet man bekanntlich eine kontinuierliche Verteilung von Zerfallselektronen mit kinetischen Energien zwischen null und einer für den betreffenden Zerfall charakteristischen Maximalenergie (Fig. 1). N. BOHR erwog die interessante Hypothese, daß der Energiesatz im β-Zerfall nicht gültig sei [1]; PAULI dagegen äußerte den fruchtbaren Gedanken, daß auch im β-Zerfall die üblichen Erhaltungssätze gelten, daß aber außer dem Elektron ein weiteres, elektrisch neutrales und unbeobachtbar bleibendes Teilchen, eben das Neutrino, emittiert würde.

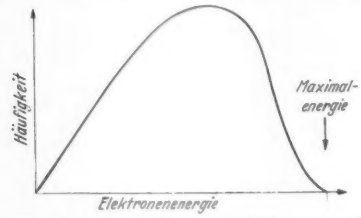

Fig. 1. Energieverteilung der Zerfallselektronen im β-Zerfall (schematisch)

Bezeichnet man einen Kern mit der Protonenzahl Z und der Neutronenzahl N abkürzend mit (Z, N), so sieht die Reaktionsgleichung für den β-Zerfall nach der Neutrinohypothese also folgendermaßen aus

$$(Z, N) \rightarrow (Z \pm 1, N \mp 1) + e^{\mp} + \nu;$$

hierbei soll e (mit Angabe des Ladungsvorzeichens) das Elektron und ν das Neutrino bedeuten. Die kontinuierliche Energieverteilung der Zerfallselektronen wird dadurch erklärt, daß die zur Verfügung stehende Energie im Einzelprozeß in verschiedener Weise auf Elektron und Neutrino aufgeteilt wird. Eine β-Umwandlung mit Verringerung der Protonenzahl um eins kann statt durch Elektronenemission auch durch Einfangung eines Hüllenelektrons, wiederum unter Aussendung eines Neutrinos, erfolgen.

PAULIs Neutrinohypothese und IWANENKOs und HEISENBERGs Vorstellung des Aufbaus der Atomkerne aus Protonen und Neutronen [2] ermöglichten FERMIs quantitative Theorie des β-Zerfalls [3]. Diese Theorie sagt insbesondere, in ausgezeichneter Übereinstimmung auch mit späteren sehr genauen Messungen, die Energieverteilung der Zerfallselektronen in den sogenannten erlaubten Übergängen voraus. Aus dem Verlauf in der Nähe der Maximalenergie kann man auf die Masse des Neutrinos schließen; der β-Zerfall des Tritiums

$${}_1H^3 \rightarrow {}_2He^3 + e^- + \nu,$$

der sich wegen der geringen maximalen Elektronenenergie von nur etwa 18 keV hierfür besonders gut eignet, führt zu [4]

$$\frac{\text{Neutrinomasse}}{\text{Elektronenmasse}} < \frac{1}{1000}.$$

---

[1]) Die Neutrinohypothese wurde von PAULI erstmalig in einem Brief an GEIGER und L. MEITNER (1930) ausgesprochen und in Vorträgen in Pasadena (Kalifornien) und Rom im Frühling und Herbst 1931 weiter vertreten; der Name Neutrino wurde dem Teilchen durch FERMI anläßlich des Vortrages in Rom gegeben. (Diese historischen Bemerkungen sind einem Vortrag von PAULI in Zürich im Januar 1957 entnommen; Verf. dankt Herrn R. JOST dafür, daß er ihm Aufzeichnungen von diesem Vortrag zugänglich gemacht hat.) — In den häufig zitierten Bemerkungen von PAULI auf dem Solvay-Kongreß 1933 [Rapports et discussions du septième conseil de physique sous les auspices de l'Institut International de Physique Solvay (22. bis 29. Oktober 1933), S. 324, Gauthier-Villars, Paris 1934], den einzigen dem Verf. zugänglichen Unterlagen aus dieser Zeit, wird bereits ausgesprochen, daß das Neutrino eine geringe und möglicherweise verschwindende Masse (höchstens von der Größenordnung der Elektronenmasse) und ferner wohl Spin $\frac{1}{2}$ besitzt und der Fermi-Statistik gehorcht.

[2]) Beim natürlichen β-Zerfall, der in den frühen dreißiger Jahren allein bekannt war, treten nur negative Elektronen auf. Das liegt daran, daß schwere β-stabile Kerne mehr Neutronen als Protonen enthalten und daß durch den primären Prozeß der natürlichen Radioaktivität, den α-Zerfall, dem Kern ebensoviel Protonen wie Neutronen fortgenommen werden. Das Neutron-Proton-Verhältnis verschiebt sich dabei in solcher Weise, daß eine Korrektur durch β-Zerfall mit negativen Elektronen erforderlich ist.

Die besonders einfache Annahme, daß die Masse des Neutrinos streng gleich null ist, steht also nicht im Widerspruch zum Experiment.

Etwa um das Jahr 1940 wurde die Mitwirkung des Neutrinos bei der Impulsbilanz im Elektroneneinfang nachgewiesen [5]: die Aussendung eines Neutrinos kann (bei Annahme der Gültigkeit des Impulssatzes) am Impuls des beim Elektroneneinfang entstehenden Kerns erkannt werden. Derartige Rückstoßexperimente sind kompliziert und nicht sehr genau, so daß aus ihnen praktisch keine Aussage über die Masse des Neutrinos gewonnen wird. — Der Impuls des Neutrinos kann (seit etwa 1950) auch im gewöhnlichen β-Zerfall durch gleichzeitige Beobachtung des Impulses des Zerfallselektrons und des Folgekerns erschlossen werden. Messungen der Verteilung des Winkels zwischen Elektron und Neutrino sind wichtig, weil man aus ihren Resultaten Rückschlüsse auf Feinheiten der Wechselwirkung im β-Zerfall ziehen kann.

Die Zahl der bekannten Elementarteilchen hat sich seit etwa 1950 wesentlich vergrößert [6]. Einige dieser instabilen Teilchen können Zerfälle erleiden, bei denen leichte neutrale Teilchen emittiert werden; man vermutet, daß es sich hierbei ebenfalls um Neutrinos handelt.

2. *Nachweis der freien Neutrinos*

Wenn man Energie- und Impulssatz auch im β-Zerfall als gültig annimmt, kann man sagen, daß die Existenz des Neutrinos durch das kontinuierliche Elektronenspektrum im β-Zerfall und durch die Rückstoßexperimente bewiesen wird. Wesentlich befriedigender würde jedoch ein Nachweis des freien Neutrinos sein.

Mit jedem β-Zerfall ist nach PAULIs Hypothese die Entstehung von Neutrinos verbunden. Von jeder radioaktiven Substanz sollte daher ein Strom von Neutrinos ausgehen. In Begleitung der Kernreaktionen, die für die Energieerzeugung in den Sternen verantwortlich sind, treten β-Zerfälle auf; daher sollte von den Sternen und speziell von der Sonne auch eine Neutrinostrahlung herkommen. Die stärkste kontinuierlich arbeitende irdische Neutrinoquelle ist ein Uranbrenner, denn die Spaltprodukte des Urans sind β-Strahler. Das liegt daran, daß bei schweren Kernen die Zahl der Neutronen größer ist als die der Protonen (das U^{235} hat 143 Neutronen gegenüber 92 Protonen), während bei leichteren β-stabilen Kernen das Verhältnis von Neutronen zu Protonen näher bei eins liegt. Die Spaltprodukte besitzen daher zunächst zuviel Neutronen; unter Emission negativer Elektronen (dies Ladungsvorzeichen wird sich in Abschnitt 3 als wichtig erweisen) und von Neutrinos gehen sie in β-stabile Kerne über. Je Spaltprozeß im Uranbrenner kommen im Mittel etwa 6,1 β-Zerfälle mit Entstehung je eines Neutrinos vor.

Die Frage ist nun, wie man diesen Neutrinostrom nachweisen kann. Hierfür bietet sich der sogenannte inverse β-Zerfall an, d.h. der Prozeß

$$(Z, N) + \nu \rightarrow (Z + 1, N - 1) + e^{\mp},$$

auf dessen mögliche Existenz BETHE und PEIERLS schon bald nach Veröffentlichung von FERMIs Theorie des β-Zerfalls hinwiesen [7]. Man muß hierzu eine geeignete Substanz in den Neutrinostrom bringen und das Auftreten der Reaktion an den Folgeprodukten oder den entstehenden Elektronen erkennen. Ein derartiges Experiment ist von C.L. COWAN jr. und F. REINES erfolgreich an der Reaktion

$$p + \nu \rightarrow n + e^{+}$$

durchgeführt worden [8]; es wurden hierbei also Protonen (Wasserstoffkerne) mit Neutrinos beschossen, wobei Neutronen und positive Elektronen entstehen. Die Schwellenenergie, d.h. die Mindestenergie, die das Neutrino besitzen muß, um die Reaktion auszulösen, beträgt 1,8 MeV.

Ein Gefäß mit einer Szintillierflüssigkeit, in der etwas Cadmium gelöst war, wurde in die Nähe eines Reaktors gebracht. Der hierin durch ein Neutrino ausgelöste Prozeß und das Schicksal der Folgeprodukte sind in Fig. 2 dargestellt: Ein Neutrino trifft auf ein Proton und wird absorbiert. Gemäß der Reaktionsgleichung entsteht ein positives Elektron und ein Neutron. Nach Zurücklegung eines Weges von nur wenigen Zentimetern trifft das positive Elektron auf ein negatives; beide zusammen zerstrahlen, wobei zwei in entgegengesetzter Richtung fortfliegende γ-Quanten entstehen. Das Neutron wird durch Zusammenstöße mit Protonen in der Flüssigkeit abgebremst und trifft, langsam geworden, auf ein Atom des Cadmiumisotops der Massenzahl 113, von dem es eingefangen wird; hierbei entstehen einige γ-Quanten. Die γ-Quanten von der Zerstrahlung des positiven Elektrons und vom Einfang des Neutrons werden in der Szintillierflüssigkeit in niedrig-energetische Lichtquanten umgewandelt und schließlich in Photovervielfachern nachgewiesen. Niedrigenergetische Lichtquanten treten auch bei der Abbremsung des positiven Elektrons in der Szintillierflüssigkeit auf; aus ihnen kann auf die Energie des Elektrons und damit auf die des primären Neutrinos geschlossen werden.

Die Schwierigkeit des Experiments besteht in der geringen Ausbeute (etwa ein Ereignis je Stunde in 10 Liter Flüssigkeit). Um in einer angemessenen Zeit genügend viele Ereignisse zu beobachten, wurde eine

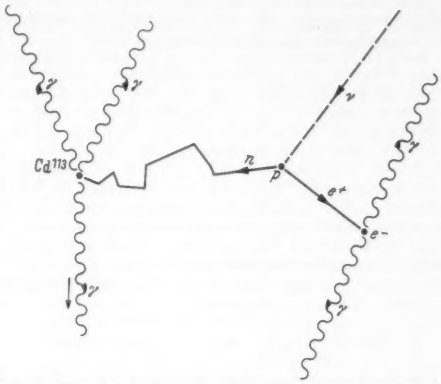

Fig. 2. Ablauf des Einzelprozesses im Versuch von COWAN und REINES

große Flüssigkeitsmenge (1400 Liter) und eine große Zahl von Photovervielfachern (110 Stück) verwendet. Um die interessierenden Ereignisse von dem viel stärkeren Untergrund zu trennen, wurde durch eine komplizierte Elektronik dafür gesorgt, daß nur solche Ereignisse registriert wurden, bei denen primär zwei γ-Quanten etwa entgegengesetzter Flugrichtung auftraten und bei denen sowohl der Zeitunterschied zwischen der Vernichtung des positiven Elektrons und dem Einfang des Neutrons wie auch die Energien der γ-Quanten eine vernünftige Größe hatten. Außerdem wurden die Pulse der von der Elektronik durchgelassenen Ereignisse auf den Schirm eines Oszillographen gegeben und photographiert, so daß sie später einzeln beurteilt werden konnten. Abschirmung gegen Höhenstrahlung und gegen Neutronen und γ-Quanten vom Reaktor verringerten die Zahl unerwünschter Prozesse. Es wurde auch geprüft, wie sich die Apparatur bei abgeschaltetem Reaktor verhielt.

Das qualitative Resultat war das gleiche wie in früheren Versuchen derselben Verfasser (erstmalig 1953): der erwartete Prozeß tritt wirklich auf. Quantitativ ergab sich ein Wirkungsquerschnitt von $(6{,}7 \pm 1{,}5) \cdot 10^{-43}\,\mathrm{cm}^2$ je Spaltprozeß; mit 6,1 Neutrinos je Spaltprozeß folgt daraus ein mittlerer Wirkungsquerschnitt für das einzelne Neutrino von $(11 \pm 2{,}5) \cdot 10^{-44}\,\mathrm{cm}^2$. Die weitere Auswertung dieser experimentellen Zahl und damit der detaillierte Vergleich mit der Theorie ist schwierig, da der theoretische Wirkungsquerschnitt stark von der Neutrinoenergie abhängt, und zwar ungefähr mit dem Quadrat dieser Energie ansteigt. Man muß also die Energieverteilung der Neutrinos kennen, die sich direkt nicht messen läßt. Deshalb wurde die Energieverteilung der Zerfallselektronen der Spaltprodukte gemessen und hieraus das Neutrinospektrum des Uranbrenners neu erschlossen [9]. Auf den quantitativen Vergleich mit den Vorhersagen der Theorie kommen wir am Schluß von Abschnitt 3 zurück.

3. *Neutrino und Antineutrino*

In der Physik der Elementarteilchen kennt man verschiedene *ladungsartige Quantenzahlen*. Das bekannteste Beispiel ist die *elektrische Ladung:* nur solche Reaktionen zwischen Elementarteilchen sind möglich, bei denen die elektrische Ladung auf beiden Seiten der Reaktionsgleichung dieselbe ist (als Beispiele mögen die in diesem Bericht aufgeführten Reaktionen dienen). Aus der beobachteten Stabilität der Nukleonen (Kernbausteine: Protonen und Neutronen) schließt man, daß auch für die Baryonenzahl oder *Baryonenladung* ein Erhaltungssatz gilt: wenn man den Nukleonen und Hyperonen [*6*] je eine Einheit der Baryonenladung zuordnet, sind nur Prozesse erlaubt, bei denen diese Ladung nicht verändert wird. Es wird vermutet, daß auch die leichten Teilchen (Leptonen: Neutrino, Elektron, μ-Meson) eine charakteristische Ladung, die *Leptonenladung*, tragen.

Wenn in der Elementarteilchenphysik ein Teilchen mit einer nichtverschwindenden ladungsartigen Quantenzahl auftritt, scheint es zu ihm auch stets ein *Antiteilchen* zu geben, d.h. ein Teilchen mit weitgehend gleichen Eigenschaften, aber entgegengesetztem Wert der betreffenden Ladung(en). Hierfür spricht bei elektrischer Ladung und Baryonenladung die Erfahrung, es gibt aber auch tiefliegende theoretische Gründe für diese Annahme. Falls es nun die Leptonenladung gibt und sie für das Neutrino nicht gleich null ist (sie kann dann etwa gleich ± 1 gesetzt werden), so sollten zwei Sorten von Neutrinos in der Natur vorkommen, die sich durch das Vorzeichen der Leptonenladung unterscheiden. Man spricht von Neutrino und Antineutrino und nennt willkürlich Antineutrino dasjenige Teilchen, das im β-Zerfall zusammen mit dem negativen Elektron emittiert wird; man ordnet also dem gewöhnlichen Neutrino und dem negativen Elektron die gleiche Leptonenladung zu. Schreibt man ν für das gewöhnliche Neutrino und $\bar{\nu}$ für das Antineutrino, so gelten also die Reaktionsgleichungen

$$(Z, N) \rightarrow \begin{cases} (Z+1, N-1) + e^- + \bar{\nu}, \\ (Z-1, N+1) + e^+ + \nu. \end{cases}$$

Falls es aber entweder eine ladungsartige Quantenzahl „Leptonenladung" nicht gibt oder falls sie für das Neutrino verschwindet, so sollte nur eine Sorte Neutrinos existieren; das Neutrino wäre dann nämlich bezüglich aller ladungsartigen Quantenzahlen neutral [*10*].

Wie in Abschnitt 2 bemerkt, treten im Uranbrenner nur β-Zerfälle mit negativen Elektronen auf; der Uranbrenner ist daher eine Quelle von Antineutrinos, falls es sowohl Neutrinos wie Antineutrinos gibt. Derartige Antineutrinos können nicht jeden inversen β-Zerfall auslösen, da man auch dort zwischen Neutrinos und Antineutrinos unterscheiden muß

$$(Z, N) + \nu \rightarrow (Z+1, N-1) + e^-,$$
$$(Z, N) + \bar{\nu} \rightarrow (Z-1, N+1) + e^+;$$

das Lepton auf der linken Seite muß dieselbe Leptonenladung tragen wie das Elektron auf der rechten. Wenn die Leptonenladung als ladungsartige Quantenzahl existiert, sollten Neutrinos vom Uranbrenner (genauer: Antineutrinos) zwar in der Lage sein, einen inversen β-Zerfall mit Entstehung positiver Elektronen (Experiment von COWAN und REINES) auszulösen, nicht aber einen solchen, bei dem negative Elektronen erzeugt werden.

Von R. DAVIS jr. wurde zu diesem Zweck die Reaktion

$${}_{17}Cl^{37} + \nu \rightarrow {}_{18}A^{37} + e^-$$

untersucht [*11*]. Verwendet wurde ein Gefäß mit 3800 Liter Tetrachlorkohlenstoff; das entstehende β-aktive Argon^{37} (Halbwertszeit 34 Tage) wurde nach längerer Bestrahlung der Flüssigkeit mit (Anti-)Neutrinos auf mechanischem Wege abgetrennt und mit empfindlichen Zählern nachgewiesen. Die Genauigkeitsgrenze des Experiments ist dadurch gegeben, daß als Folge der Höhenstrahlung ebenfalls A^{37} aus Cl^{37} gebildet wird. Das Resultat ist noch nicht ganz schlüssig; es spricht jedoch dagegen, daß es nur eine Sorte Neutrinos (und nicht Neutrinos und Antineutrinos) gibt.

Auch aus der Lebensdauer des sogenannten doppelten β-Zerfalls kann man Schlüsse auf die Existenz der Leptonenladung ziehen; diese ebenfalls noch nicht völlig überzeugenden Untersuchungen liegen jedoch außerhalb des Rahmens dieses Berichts.

Unmittelbar vor Entdeckung der Paritätsverletzung bei schwachen Wechselwirkungen [*12*] schlugen mehrere Verfasser unabhängig vor [*13*], anzunehmen, daß beim Neutrino der Spin (Eigendrehimpuls) fest an die Flugrichtung gekettet sei; genauer gesagt sollen beim Neutrino Spin und Bahn parallel, beim Antineutrino antiparallel stehen [*14*], [*15*]. Der Zusammenhang zwischen der Lebensdauer im β-Zerfall und dem Wirkungsquerschnitt im inversen β-Zerfall hängt ab von Paritätserhaltung oder Paritätsverletzung im β-Zerfall. Das Ergebnis des Experiments von COWAN und REINES ist nach der letzten Auswertung verträglich mit der Annahme der Paritätsverletzung in der Form, daß bei Neutrino und Antineutrino jeweils Spinrichtung und Flugrichtung gekoppelt sind: der theoretische Wirkungsquerschnitt, in den das indirekt erschlossene Antineutrinospektrum entscheidend eingeht, ergibt sich mit dieser Annahme zu $(6 \pm 1) \cdot 10^{-43}$ cm² je Spaltprozeß im Uranbrenner verglichen mit dem experimentellen Wert von $(6{,}7 \pm 1{,}5) \cdot 10^{-43}$ cm².

Literatur

[*1*] Siehe etwa BOHR, N.: J. Chem. Soc. [London] **1932**, 349 (Faraday Lecture), speziell S. 382. — [*2*] IWANENKO, D.: Nature [London] **129**, 312 (1932). — HEISENBERG, W.: Z. Physik **77**, 1 (1932). — [*3*] FERMI, E.: Z. Physik **88**, 161 (1934). — [*4*] HAMILTON, D. R., W. P. ALFORD u. L. GROSS: Physic. Rev. **92**, 1521 (1953). — [*5*] ALVAREZ, L. W., A. C. HELMHOLTZ u. B. T. WRIGHT: Physic. Rev. **60**, 160 (1941). — [*6*] Siehe hierzu etwa den Bericht von DEUTSCHMANN, M.: Naturwiss. **42**, 499 (1955). — [*7*] BETHE, H. A., u. R. PEIERLS: Nature [London] **133**, 532 (1934). — [*8*] Ein älteres Experiment ist mit instruktiven Abbildungen beschrieben in Nucleonics **10**, H. 8, 12 (1957). Verf. dankt Herrn REINES für die Unterrichtung über einen neuen Versuch. — [*9*] CARTER, REINES, WAGNER u. WYMAN: Noch unveröffentlicht. Freundl. Mitteilung an Verf. durch Herrn REINES. In diesem Experiment wurde auch die mittlere Zahl der β-Zerfälle je Spaltprozeß neu bestimmt. — [*10*] Von PAULI [Nuovo Cimento **6**, 204 (1957)] ist darauf hingewiesen worden, daß sich formal auch eine β-Zerfallstheorie konstruieren läßt, in der Neutrino und Antineutrino auftreten, ohne daß eine Erhaltung der Leptonenladung gilt. Obwohl Verf. die PAULIschen Untersuchungen weiter fortgeführt hat, möchte er jetzt den Standpunkt vertreten, daß Teilchen-Antiteilchen-Paare nur in Verbindung mit einer nichtverschwindenden ladungsartigen Quantenzahl vorkommen. — [*11*] Ausführliche Beschreibung einer etwas älteren Versuchsapparatur in Physic. Rev. **97**, 766 (1955). Verf. dankt Herrn DAVIS für die Unterrichtung über den gegenwärtigen Stand des Experiments. — [*12*] Siehe etwa den Bericht von LÜDERS, G.: Naturwiss. **44**, 273 (1957), in dem Neutrinos allerdings nicht behandelt wurden. — [*13*] SALAM, A.: Nuovo Cimento **5**, 299 (1957). — LEE, T. D., u. C. N. YANG: Physic. Rev. **105**, 1671 (1957). — LANDAU, L.: Nucl. Phys. **3**, 127 (1957). Man spricht aus mathematischen Gründen von einer Zwei-Komponententheorie des Neutrinos. — [*14*] Eine solche Annahme ist nur bei Ruhmasse null mit dem Relativitätsprinzip verträglich. Teilchen nichtverschwindender Masse kann man nämlich stets in ihrem Ruhsystem betrachten; die Aussage einer Kettung des Spins an die Bewegungsrichtung wird dann sinnlos. — [*15*] Die ursprüngliche Hoffnung, durch diese Annahme die Paritätsverletzung in schwachen Wechselwirkungen zu „verstehen", hat sich allerdings nicht erfüllt.

Max-Planck-Institut für Physik, Göttingen; ab 1. September 1958: Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, München

Eingegangen am 28. Juli 1958

Auch
ernste
Dinge
heiter
und
gelassen
sehen

ALLE TARIFE KÖNNEN BELIEBIG KOMBINIERT UND MEHRFACH ABGESCHLOSSEN WERDEN

Grund-tarife

Krankenhaus-kosten-tarife

Krankenhaus-tagegeld-tarife

Tagegeld-tarife

Auslands-tarife

Volkswohl

KRANKENVERSICHE

Dortmund · Ruhrallee 92

GRUNDTARIFE
mit und ohne Wartezeiten,
für alle, die nicht versicherungspflichtig sind und umfassende Kostendeckung für stationäre und ambulante Heilbehandlung wünschen.
(Beitragsrückvergütung · Keine Aussteuerung.)

KRANKENHAUSKOSTENTARIFE
speziell zur Deckung der Kosten bei Krankenhausaufenthalt können einzeln oder zusätzlich von jedermann (auch von Pflichtversicherten) zu jeder bestehenden Versicherungsart abgeschlossen werden.

KRANKENHAUSTAGEGELDTARIFE
Summenversicherung zur Deckung aller nicht erfaßbaren Kosten bei Krankenhausaufenthalt; der versicherte Betrag wird ohne jeden Kostennachweis pro Krankenhaustag gezahlt.

TAGEGELDTARIFE
zur Deckung von Verdienstausfall im Krankheitsfall.
Die versicherte Summe
wird pro Tag der Arbeitsunfähigkeit ausgezahlt.

AUSLANDSTARIFE
Summenversicherung zur Deckung von Krankheitskosten im Ausland; bis zur Höhe der versicherten Summe werden alle entstehenden Kosten in Deutscher Mark oder in ausländischer Währung erstattet.

Name, Vorname:

Wohnort:

Straße, Nr.: Telefon:

Beruf:

Geburtstag:

„ d. Ehefrau

„ d. Kinder:

Was mich besonders interessiert, habe ich hier angekreuzt

- ○ Grundtarif mit/ohne Wartezeit
- ○ Krankenhauskosten-Tarif
- ○ Krankenhaus-Tagegeld-Tarif
- ○ Tagegeldtarif
- ○ Auslandstarif

CHERUNG Versicherungsverein auf Gegenseitigkeit
e 92 Telefon 21744/45

Volkswohl KRANKENVERSICHERUNG
Versicherungsverein auf Gegenseitigkeit

Nüchtern rechnen:

Ein Pflegetag 2. Klasse im Krankenhaus kostet ca. **20,–**

Nach unserer Tarifkombination K 20 + F1 dreifach zahlen wir für den Krankenhaus-Pflegetag bis zu **31,–**

Ein 40-jähriger Mann zahlt für diese Versicherung monatlich **10,80**

Dies ist nur ein Beispiel von vielen Kombinationsmöglichkeiten unserer Tarife. Wollen Sie mehr kennenlernen? Bitte schicken Sie uns diese Karte ausgefüllt zurück – in ein paar Tagen haben Sie unverbindlich unser Tarifmaterial zur Hand.

25. 50. 8. 58

WERBE-ANTWORTKARTE

An die

Volkswohl
KRANKENVERSICHERUNG
Versicherungsverein auf Gegenseitigkeit
in Dortmund

HAUPTVERWALTUNG
DORTMUND
Ruhrallee 92 · Ruf 21744/45

80030

Jeder verantwortungsbewußte Mensch kennt diese goldene Lebensregel:

Unsicherheit macht zaghaft und unentschlossen – Sicherheit dagegen schenkt ein neues Lebensgefühl!

Das ist es doch, was Sie sich wünschen: Den Kopf frei von unnötigen Sorgen und alle Kräfte auf Ihr Lebensziel gerichtet. Der Erfolg, den Sie dann haben, ist ein guter Grund, heiter und gelassen der Zukunft entgegenzusehen.

Spielt Ihnen Ihre Gesundheit einmal einen sehr bösen Streich, dann stehen Sie vor einer finanziellen Belastung, die Sie alleine vielleicht tragen können – aber nur unter größten Opfern. Wieviele schöne Pläne werden einfach über den Haufen geworfen – wie oft werden Sie sich fragen: „Muß das denn sein?"
Sie können das abwenden; Sie sollten sich einmal dafür interessieren, was eine leistungsfähige Privatkrankenversicherung für Sie tun kann und tun wird, wenn Not am Mann ist:

„Volkswohl"-Sicherheit garantiert Ihnen für jeden Krankheitsfall die beste Behandlung! Was der Arzt braucht, was das Krankenhaus unternehmen muß, um Sie so schnell wie möglich wieder „auf die Beine zu stellen" – wir bezahlen das!

Unsere Tarife decken jeden, auch den höchsten Krankenversicherungsanspruch.

Prüfen Sie einmal in aller Ruhe, in Ihren eigenen vier Wänden was wir leisten, und was das kostet. Schicken Sie uns die anhängende Postkarte wieder zu: in ein paar Tagen haben Sie unser umfassendes Informationsmaterial im Hause. Nachdem Sie alles gründlich verglichen und überlegt haben, treffen Sie, ohne jede Beeinflussung, Ihre Entscheidung:

Ich nehme eine Privatversicherung
oder
Ich bezahle doch lieber alles selbst!

Volkswohl
KRANKENVERSICHERUNG
Versicherungsverein auf Gegenseitigkeit in Dortmund

Kurze Originalmitteilungen

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich

Zur Diffusionstheorie der positiven Säule in elektronegativen Gasen

Im Zusammenhang mit allgemeinen Betrachtungen über die Möglichkeit, Lösungen von verallgemeinerten Formen der Schottkyschen Diffusionstheorie[1]) zu finden, angewandt auf eine in Längsrichtung homogene Säule bei Anwesenheit mehrerer Arten von Ionen und angeregten Neutralteilchen, wurde als Beispiel auch der bereits von SEELIGER[2]) letzten Endes im Hinblick auf die Ionosphäre behandelte und durch einen speziellen Ansatz gelöste Fall eines einfachen elektronegativen Gases einer weiteren Untersuchung unterworfen. Werden außer Elektronen als Ladungsträger eine positive und eine negative Ionenart zugelassen bei Berücksichtigung folgender Bilanzprozesse: Ionisation durch einfachen Elektronenstoß ($q\,n_e$), Bildung negativer Ionen durch Anlagerung von Elektronen an Neutralteilchen ($\beta\,n_e$) und Verlust von solchen infolge Stoßabspaltung durch Neutralatome ($\varkappa\,n_-$), so kann von dem integrierten Bilanzsystem:

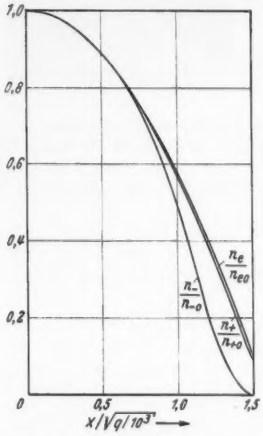

Fig. 1. Relative Trägerverteilung für $\lambda(0) = 0{,}11$; $n_{eR}/n_{e0} = 10^{-1}$

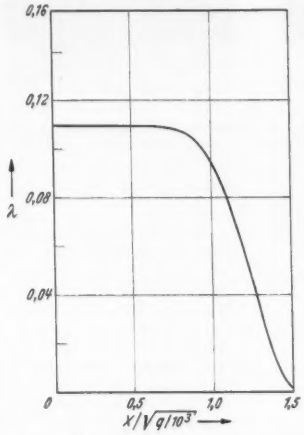

Fig. 2. Änderung von $\lambda = n_-/n_e$ über den Querschnitt

$$\left.\begin{aligned} -D_e\,\ddot{N}_e + b_e\,\dot{N}_e\,\dot{V} &= (q-\beta)\,N_e + \varkappa\,N_- \\ -D_-\,\ddot{N}_- + b_-\,\dot{N}_-\,\dot{V} &= \beta\,N_e - \varkappa\,N_- \\ -D_+\,\ddot{N}_+ - b_+\,\dot{N}_+\,\dot{V} &= q\,N_e \\ N_e + N_- &= N_+ \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

ausgegangen werden, wo $-\dot{V}$ die radiale Feldstärke, D_ν die Diffusionskoeffizienten, b_ν die Beweglichkeiten, $N_\nu = \int_0^x n_\nu\,dx$ das Integral über die Trägerdichten n_ν bedeuten und je nach dem Index auf Elektronen (e), positive ($+$) oder negative Ionen ($-$) bezogen werden. Elimination der Feldstärke aus (1) führt auf zwei nichtlineare Differentialgleichungen für N_e und N_-, die mit Hilfe einer Näherung, welche der dominierenden Rolle der Elektronen bei Ausbildung des ambipolaren Diffusionsvorganges Rechnung trägt, die Darstellung von N_e durch eine Differentialgleichung der Form

$$N_e\,\ddot{N}_e + a\,\ddot{N}_e^2 + b\,\dot{N}_e^2 + c\,N_e^2 = d \qquad (2)$$

mit konstanten Koeffizienten erlaubt. (2) selbst läßt sich mit Hilfe einer Reihe von Transformationen in den Spezialfall einer Jakobischen Differentialgleichung überführen, die einer Lösung zugänglich ist und somit die Berechnung der Trägerdichten und des Potentials über den Querschnitt ermöglicht. Die allgemeine Lösung liefert sowohl Verteilungen mit fallendem als auch anwachsendem $\lambda = n_-/n_e$ und enthält als Spezialfall die bereits von SEELIGER angegebene mit proportionaler Konzentrationsverteilung über den Querschnitt. Es zeigt sich, daß lediglich die erste Lösung für negative Ionen den Übergang von einem Senken- zu einem Quellengebiet innerhalb des Plasmabereiches beschreibt. Die Fig. 1 und 2 zeigen die durchgerechneten relativen Trägerverteilungen und diejenige von λ über den Querschnitt für ein Beispiel der Art:

$$\lambda(0) = 0{,}11, \quad n_{eR}/n_{e0} = 10^{-1}.$$

Eine ausführliche Darstellung erfolgt an anderer Stelle.

Institut für Gasentladungsphysik der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Greifswald (Direktor Prof. Dr. R. SEELIGER)

JOHANNES WILHELM

Eingegangen am 23. Juni 1958

[1]) SCHOTTKY, W.: Physik. Z. **25**, 342, 635 (1924). — [2]) SEELIGER, R.: Ann. Phys. **6**, 93 (1949).

Die Vorgänge in den Poren von Masseplatten bei der Entladung des Bleisammlers mit großen Stromdichten

Die Kapazität eines Bleisammlers nimmt, wie die Erfahrung zeigt, mit zunehmender Entladestromstärke je nach der Dicke der verwendeten Platten mehr oder weniger stark ab. Bei sehr hohen Entladestromstärken haben Platten von 2 mm Stärke praktisch die gleiche Kapazität wie sehr dicke Platten. Die Ursachen dieser Erscheinung sollten gesucht werden.

Auf Grund der physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten in den Poren wurden allgemeine Ansätze gefunden, die zu einer nichtlinearen partiellen Differentialgleichung vom parabolischen Typ führen. Diese Differentialgleichung beschreibt bei geeigneten Anfangs- und Randbedingungen den Konzentrationsverlauf in den Poren sowie die Stromverteilung in den Porenquerschnitten und der Porenwandung. Eine Lösung der Differentialgleichung ist nur mittels numerischer Verfahren möglich. Für den praktisch wichtigen Teil der Entladung, also vom Einschaltaugenblick bis zum Beginn des Spannungszusammenbruches läßt sich eine Vereinfachung der Gleichung angeben, die eine Lösung in Form unendlicher Reihen von Exponential- und Kreisfunktionen zuläßt.

Es zeigt sich, daß ein Konzentrationsgefälle im Säureraum zwischen den positiven und negativen Platten zu den Poreneingängen hin vorhanden ist, während von den Poreneingängen in Richtung auf das Innere der Poren entgegen den oft vertretenen Ansichten die Konzentration wieder ansteigt.

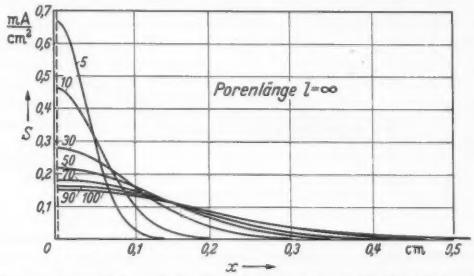

Fig. 1. Stromdichte S in der Porenwandung (Ordinate) in Abhängigkeit von der Eindringtiefe x (Abszisse). Die Kurven geben den Zustand zu verschiedenen Zeiten an; die Zahlen an den Kurven bezeichnen die Zeiten nach Beginn der Entladung in sec

Das Konzentrationsminimum in der Nähe der Poreneingänge verursacht schließlich den Spannungszusammenbruch, selbst wenn in den Poren noch genügend Säure vorhanden ist. Die Stromlinien ziehen vom Einschaltaugenblick an in die Pore ein. Bei kleinen Stromdichten und dünnen Platten kann sich nach diesem Ausgleichvorgang eine annähernd gleichmäßige Stromverteilung in der Porenwandung einstellen, mit Ausnahme des Poreneinganges, der stärker belastet wird. Bei hohen Stromdichten und dicken Platten wird dieser Zustand nicht mehr erreicht. Die wirksame Eindringtiefe des Stromes

ist dann begrenzt. Eine Vergrößerung der Plattendicke über dieses stromabhängige Maß hinaus wirkt sich nicht mehr auf die Kapazität aus. Fig. 1 zeigt als Beispiel die Stromdichte in der Porenwandung in Abhängigkeit von der Eindringtiefe bei der Entladung einer unendlich dicken Platte mit gleichbleibendem Strom bis zum Spannungszusammenbruch. Der Poreneingang liegt an der Stelle $x = 0$. Die Entladung beginnt zur Zeit $t = 0$ und ist nach $t = 110$ sec beendet. Man sieht, daß bis zu diesem Zeitpunkt die wirksame Eindringtiefe des Stromes kleiner als 5 mm ist. An Hand der Lösungen lassen sich bemerkenswerte Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der einzelnen Einflußgrößen ziehen. So nimmt z. B. der Einfluß der Diffusion mit zunehmender Stromstärke ab, während der Leitfähigkeit der Schwefelsäure eine weit größere Bedeutung zukommt, als bisher vermutet wurde. Zur Stützung der Theorie wurden die Kapazitäten von 2 bis 12 mm dicken Platten im Bereich von 10 bis 400 mA/cm² (Stromdichte bezogen auf äußere Plattenoberfläche) gemessen. In diesem Bereich, der bei dicken Platten einer Entladezeit von etwa 8 Std bis zu 1 min entspricht, ergab sich eine gute Übereinstimmung der Versuchsergebnisse mit den theoretischen Ansätzen.

Ein ausführlicher Bericht über die Untersuchung wird demnächst an anderer Stelle erscheinen.

Rogowski-Institut für Elektrotechnik der Technischen Hochschule, Aachen (Leiter: Professor Dr. EUGEN FLEGLER)

WERNER STEIN

Eingegangen am 26. Juni 1958

Methode zum Sichtbarmachen von Leitfähigkeitsinhomogenitäten von Halbleitern

Eine Reihe von physikalischen Effekten zeigt, daß die Leitfähigkeit von Halbleitern und Isolatoren im allgemeinen räumlich nicht homogen ist. So können z. B. bekannte langlebige Polarisationserscheinungen, dielektrische Nachwirkungen[1]) und elektrostatische Aufladungen unter Wirkung eines Stromflusses[2]) besonders einfach unter der Annahme einer räumlich nicht konstanten Leitfähigkeit erklärt werden.

Über die physikalische Ursache dieser Inhomogenitäten, die offensichtlich auch bei Einkristallen auftreten, ist zur Zeit wenig bekannt. Um diese Inhomogenitäten genauer unter-

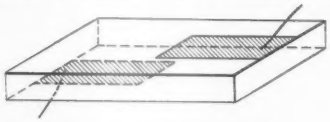

Fig. 1. Elektrodenanordnung

suchen zu können, insbesondere um ihre räumliche Ausdehnung zu bestimmen sowie quantitative Aussagen über die Differenz der Leitfähigkeiten verschiedener Bereiche zu gewinnen, soll eine Methode entwickelt werden, durch die diese Bereiche direkt sichtbar gemacht werden können. Dies ist auf folgende Weise möglich:

a) Das effektiv wirkende Feld bzw. der in jedem Bereich fließende Strom kann eine Veränderung der Gitterkonstante bewirken. Dies kann z. B. durch eine Elektrostriktion (Feldeffekt) oder durch JOULEsche Erwärmung (Stromeffekt) erfolgen. Eine Veränderung der Gitterkonstante bewirkt eine Verschiebung der optischen Absorptionskante zwischen Grundgitter- und Ausläuferabsorption. Betrachtet man den Prüfling im monochromatischen Licht möglichst dicht an der Absorptionskante, so macht sich eine Verschiebung der Kante als Aufhellung bzw. Verdunkelung der Bereiche des Prüflings bemerkbar, in denen eine Verkürzung bzw. Vergrößerung der Gitterkonstante auftritt. Die Größe der Intensitätsänderung des durchgelassenen Lichtes ist dabei ein Maß für die Feldstärke bzw. den fließenden Strom.

b) Das effektiv wirkende Feld verändert direkt das Absorptionsspektrum z. B. durch Stark-Effekt, wie er durch GROSS u. Mitarb.[3]) am Cu_2O gefunden wurde. Auch hier erfolgt wieder eine Betrachtung im monochromatischen Licht

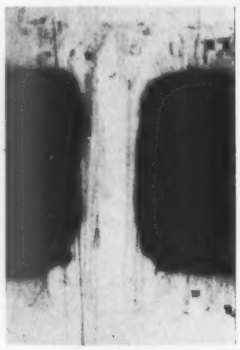

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 2—4. Mikrophotographie des zwischen den Elektroden liegenden Raumes eines CdS-Einkristalles im monochromatischen Licht. Fig. 2: Ohne Feld; Fig. 3: Mit Feld; Fig. 4: Bei höheren Stromdichten

im Gebiet der sich mit dem Feld ändernden Absorptionserscheinung.

Wir haben nun CdS-Einkristalle in einer aus Fig. 1 ersichtlichen Weise mit im Vakuum aufgedampften Goldelektroden versehen und im monochromatischen Licht (XBO 500 mit Zeiß-Spiegelmonochromator, Halbwertsbreite des durchgelassenen Spektralbereiches 5 Å) direkt an der Absorptionskante mikroskopiert. Fig. 2 zeigt die Mikrophotographie eines CdS-Kristalls ohne elektrisches Feld. Bei der Aufnahme der Fig. 3 wurden etwa 2 kV an die Elektroden gelegt. Es floß ein Strom von etwa 1 μA. Die linke Elektrode war als Kathode geschaltet. Man erkennt jetzt deutlich eine nichthomogene Verdunkelung des Kristalls, die Aufschluß über den Feldverlauf geben kann. Es ist besonders bemerkenswert, daß die durch das äußere Feld hervorgerufene Verdunkelung ringförmig um die Kathode angeordnet und durch helle Bereiche von Kathode und Anode getrennt ist. Es treten offensichtlich auch an solchen Stellen merkliche Verdunklungen auf, an denen man auf Grund der Geometrie der Elektrodenanordnung kein starkes Feld erwartet.

Bei der Aufnahme von Fig. 4 war der Strom durch den Kristall auf etwa 5 μA angestiegen. Es zeichnen sich jetzt deutliche Strombahnen ab, die vermutlich durch JOULEsche Erwärmung dieser Bereiche sichtbar werden. Eine Betrachtung des zeitlichen Verlaufes zeigt, daß diese Bahnen nicht stabil sind, sondern ihre Lage teils sogar sprunghaft ändern.

Bei weiterer Stromerhöhung verdunkelt sich der gesamte Kristall. Gleichzeitig tritt Elektrolumineszenz auf.

Die Fig. 2 bis 4 wurden bei Zimmertemperatur an demselben Kristall gewonnen. Bei Abkühlung auf die Temperatur der flüssigen Luft treten die beschriebenen Erscheinungen noch deutlicher hervor.

Über weitere Untersuchungen zu dieser Methode soll nach ihrem Abschluß ausführlich berichtet werden.

Laboratorium für die Physik des elektrischen Durchschlags der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Berlin C 2

K. W. BÖER, H. J. HÄNSCH und U. KÜMMEL

Eingegangen am 23. Juni 1958

[1]) WAGNER, K. W.: In H. SCHERING, Die Isolierstoffe der Elektrotechnik. Berlin 1924. — [2]) BÖER, K. W., u. U. KÜMMEL: Z. Naturforsch. **12a**, 667 (1957). — [3]) GROSS, J. F., B. P. SACHARTSCHENJA u. N. M. REINOW: Dokl. Akad. Wiss. USSR. **97**, 57 (1954).

Elektronenmikroskopische Untersuchung von Koerzit 250 S

Elektronenmikroskopische Untersuchungen an der ausscheidungsfähigen Dauermagnetlegierung *Koerzit 250 S* (8 Al, 19 Ni, 24 Co, 5 Ti, Rest Fe) mit hoher Koerzitivkraft[1]) im Dauermagnetzustand ergaben im Vergleich mit der bereits früher untersuchten Legierung *Alnico 400* (8 Al, 14 Ni, 24 Co, 3 Cu, Rest Fe)[2]) folgendes Bild:

1. Während des unbeeinflußten Ausscheidungsprozesses entstehen stäbchenförmige Bestandteile, die sich ähnlich wie bei Alnico 400[3]) in den 3 Raumrichtungen verschachtelt zu einem „Übergitter" anordnen (Fig. 1).

2. Das Wachstum der Ausscheidungen wird durch ein äußeres Magnetfeld offenbar kaum beeinflußt. Im Gegensatz zu Alnico 400 [vgl. [2]) bis [6])], ist keine magnetfeldbedingte Anisotropie des Wachstums feststellbar (Fig. 2).

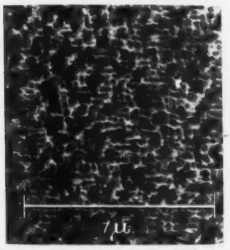

Fig. 1. Koerzit 250 S. Wärmebehandlung ohne äußeres Feld

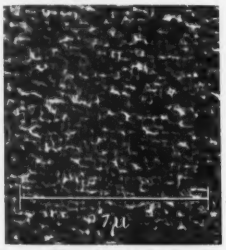

Fig. 2. Koerzit 250 S. Im Magnetfeld wärmebehandelt

3. Das Gefüge von Koerzit 250 S ist feiner unterteilt als das von Alnico 400. (Entsprechende Zahlenangaben enthält Tabelle 1.)

Die Präparate wurden nach dem Oxydhautverfahren von MAHLA und NIELSEN[7]) in der bereits früher erläuterten Handhabung[2]) hergestellt. Die Proben (zylindrische Körper mit den Abmessungen $L \sim 25$ mm; $D \sim 20$ mm) wurden längs der

Tabelle 1. *Eigenschaften der untersuchten Proben*

Material*)	H_C Oe	B_R Gß	d Å	l Å	d/l	a Å	„g" Å	n/μ	n/μ^3	V_a %
Koerzit I	990	6050	222	825	1:3,72	43	265	35	14100**)	45**)
Koerzit II	1000	7650	243	810	1:3,33	65	308	32	11700**)	44**)
Alnico III	624	10875	380	1200	1:3,16	40	420	25	5150	63**)

*) I und II Koerzit 250 S, Sintermagnete, I Kühlung ohne äußeres Feld, II magnetfeldgekühlt. III Alnico 400; Gußmagnet; magnetfeldgekühlt. — **) Abschätzungen.

Zeichenerklärung. H_C Koerzitivkraft; B_R Remanenz; d Teilchendicke; l Teilchenlänge; d/l Formfaktor; a Teilchenabstand; $g = d + a$ „Gitterkonstante". n/μ Zahl der Teilchen längs $1\,\mu$ (quer zur Teilchenachse gezählt); n/μ^3 Zahl der Teilchen in der Raumeinheit $1\,\mu^3$. V_a Volumenanteil der ausgeschiedenen Komponente.

Achse angeschliffen und mechanisch poliert, jedoch *nicht* geätzt. Die Kontraste in den Aufnahmen können daher so verstanden werden, daß sich auf Grund unterschiedlicher Oxydationsraten von Matrix und ausgeschiedener Substanz bevorzugt Dickenunterschiede herausgebildet haben. Da sich dieser Effekt auch auf die in der Präparatebene liegenden Dimensionen d und l der Stäbchen auswirken kann, ist es möglich, daß diese Abmessungen bei Nachprüfungen mit anderen Präpariermethoden etwas kleiner gefunden werden. (Weitere, davon abhängende Werte der Tabelle würden sich entsprechend ändern.)

Die Aufnahmen wurden mit dem Elmi D II[8]) gewonnen.

Die Proben verdankt der Verfasser Herrn Dr. H. FAHLENBRACH, Krupp-Widia-Fabrik, Essen.

Dresden, Institut für angewandte Physik der Reinststoffe (Direktor: Prof. Dr. E. REXER)

D. SCHULZE

Eingegangen am 27. Juni 1958

[1]) FAHLENBRACH, H.: Techn. Mitt. Krupp **14**, 2 (1956). — [2]) SCHULZE, D.: Exp. Techn. Phys. **4**, 193 (1956). — [3]) HEIDENREICH, R. D., u. E. A. NESBITT: J. Appl. Phys. **23**, 352 (1952). — [4]) KRONENBERG, K. J.: Z. Metallkunde **45**, 440 (1954). — [5]) FAHLENBRACH, H.: Techn. Mitt. Krupp **12**, 177 (1954). — [6]) DE JONG, J. J., J. M. G. SMEETS u. H. B. HAANSTRA: J. Appl. Phys. **29**, 297 (1958). [7]) MAHLA, E. M., u. H. A. NIELSEN: J. Appl. Phys. **19**, 378 (1948). — [8]) GUYENOT, E.: Jenaer Jb. **1**, 28 (1955).

Auswertung von Elektronenbeugungs-Aufnahmen nach der Methode der Fourier-Analyse

Auf Elektronenbeugungs-Aufnahmen von dünnen Metallschichten tritt neben der Interferenz-Intensität eine theoretisch nicht zu erfassende Untergrundschwärzung auf; sie setzt sich aus Mehrfachstreuung und inkohärenter Streuung im Präparat, Streuung an den Kammerwänden usw. zusammen. Diese zusätzliche Strahlung überlagert sich dem sehr steilen Abfall der kohärenten Intensitätskurve; sie erschwert das Angleichen der durch sie modifizierten Atomformfaktorkurve an die experimentelle Streukurve. Diese Schwierigkeit ist der Grund, weshalb bis heute praktisch keine Fourier-Analysen von Elektronenbeugungs-Aufnahmen fester amorpher und flüssiger Stoffe vorliegen.

Im folgenden wird über die Ergebnisse solcher Untersuchungen an festem amorphem Ge berichtet. Dabei wird in Anlehnung an TAKAGI[1]) die Untergrundstreuung aus der zugehörigen polykristallinen Aufnahme bestimmt. In Fig. 1 sind zwei Atomverteilungskurven eingezeichnet, wie man sie aus Röntgen- und Elektronenbeugungs-Aufnahmen von amorphen Ge-Aufdampfschichten erhält. Man sieht, daß beide Verteilungskurven in ihrem Verlaufe recht gut miteinander

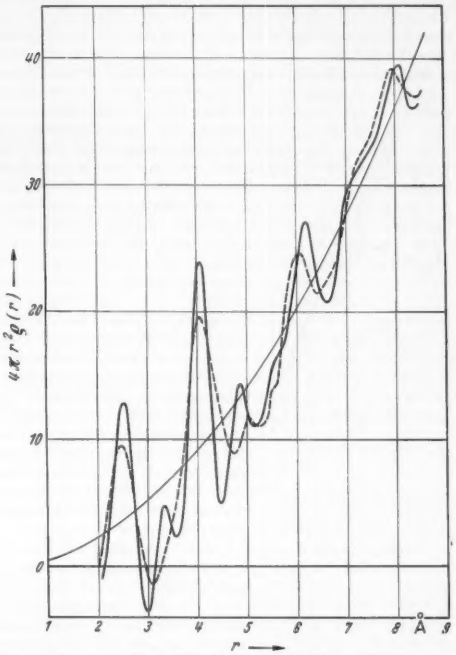

Fig. 1. Atomverteilung in festem amorphem Ge (ausgezogene Kurve aus einer Elektronenbeugungs-Aufnahme und gestrichelte Kurve aus einer Röntgen-Aufnahme erhalten)

übereinstimmen; erst bei größeren Abstandswerten ($r > 5$ Å) treten geringfügige Abweichungen auf. Diese Abweichungen sind zur Zeit Gegenstand weiterer Untersuchungen [vgl. auch RICHTER und BREITLING[2])]. In Fig. 1 ist die Integrationslänge s_0 in beiden Fällen geringfügig verschieden; die Breite des ersten Maximums ergibt sich in Übereinstimmung mit der Berechnung zu $\Delta = 2\pi/s_0$. Weiter ist in Fig. 1 die Schärfe der ausgezogenen Kurve (Elektronenstrahl-Verteilungskurve) auffallend.

Wie Fig. 1 zeigt, ist die seit langem bei Strukturuntersuchungen mit Röntgenstrahlen angewandte Methode der Fourier-Analyse der Intensitätskurve durchaus auf Elektronenbeugungs-Aufnahmen zu übertragen; sie stellt auch hier eine wertvolle Ergänzung dar, indem sie zu weiteren Aussagen über den Aufbau der untersuchten Schichten führt. Dieses Aufnahme- und Auswertungsverfahren hat zudem den großen Vorteil günstigerer Aufnahmebedingungen, strenger Strahlungshomogenität, einer äußerst geringen Belichtungszeit und des Wegfalls einer Reihe von Korrektionsfaktoren bei der nachfolgenden Auswertung, so daß man in weit kürzerer Zeit als bei der Untersuchung mit Röntgenstrahlen zur Atomverteilungskurve gelangt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für mannigfache Unterstützung dieser Untersuchungen bestens gedankt.

Röntgeninstitut der Technischen Hochschule, Stuttgart

H. RICHTER und S. STEEB

Eingegangen am 14. Juli 1958

[1]) TAKAGI, M.: J. Phys. Soc. Jap. **11**, 396 (1956). — [2]) RICHTER, H., u. G. BREITLING: Z. Naturforsch. **13a** (1958).

Thalliumaktivierte Erdalkaliborate mit UV-Emission

Schwachblau lumineszierende Erdalkalimetaborate (Tl) sind bereits von HÜNIGER und PANKE[1]) hergestellt worden, ihre UV-Emission wurde jedoch nicht beschrieben. In Analogie zur bekannten UV-Emission entsprechend aktivierter Erdalkaliphosphate war auch an thalliumaktivierten Erdalkaliboraten Emission im UV zu erwarten. Hierzu wurden zunächst folgende Grundgittertypen untersucht:

1. $3\,CaCO_3 : 2\,H_3BO_3$ (Orthoborat),
2. $2\,CaCO_3 : 2\,H_3BO_3$ (Pyroborat),
3. $3\,CaCO_3 : 5\,H_3BO_3$ (Eutektikum aus Pyro- und Metaborat),
4. $CaCO_3 : 2\,H_3BO_3$ (Metaborat),
5. $CaCO_3 : 3\,H_3BO_3$ (Eutektikum aus Meta- und Biborat),
6. $CaCO_3 : 4\,H_3BO_3$ (Biborat).

Diese Molverhältnisse sind nach GUERTLER[2]) Verbindungen oder Eutektika. Zur Darstellung wurden die lumineszenzreinen Ausgangsstoffe im gegebenen Gewichtsverhältnis vermischt und mit einer wäßrigen Lösung von Thalliumsulfat versetzt. Der Ansatz wurde gut verrührt, getrocknet, gemörsert und während 30 bis 40 min bei 800 bis 900° C in Luft geglüht.

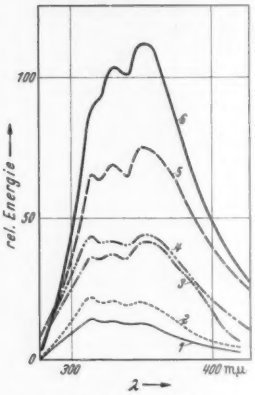

Fig. 1. Relative Energie. *1* Orthoborat (10^{-2} g Tl/g Borat). *2* Pyroborat (10^{-2} g Tl/g Borat). *3* Eutekt.: Pyro-Metaborat (10^{-2} g Tl/g Borat). *4* Metaborat (10^{-2} g Tl/g Borat). *5* Eutekt.: Meta-Biborat ($5 \cdot 10^{-2}$ g Tl/g Borat). *6* Biborat ($5 \cdot 10^{-2}$ g Tl/g Borat)

Die Messung der Emissionsspektren erfolgte mit Monochromator und Sekundärelektronenvervielfacher. Zur Anregung gelangte das kurzwellige, unter der Resonanzlinie gelegene Kontinuum einer Quecksilberhöchstdrucklampe, das durch eine Kombination von Chlor- und Bäckströmfilter ausgesondert worden war. Als Vergleich diente KCl (Tl). Wird die Energie gegen die Wellenlänge des emittierenden Lichtes aufgetragen, so ergeben sich Kurven gleicher Charakteristik, jedoch unterschiedlicher Intensität (Fig. 1).

Bei geringen Aktivatormengen erscheint eine Bande mit Maximum bei 3100 bis 3150 Å. Mit steigender Thalliumkonzentration tritt eine zweite Bande mit Maximum bei 3500 Å auf. Zugleich erfolgt eine Abschwächung der kürzerwelligen Bande. Die optimale Intensität der Typen 1 bis 4 liegt bei 10^{-2} g Tl/g Borat, für die Präparate 5 und 6 bei $5 \cdot 10^{-2}$ g Tl/g Borat. Die Angaben beziehen sich auf die dem Glühansatz zugesetzten Mengen an Thallium.

Institut für physikalische Chemie der Universität, Greifswald

H. WITZMANN und J. MALUR

Eingegangen am 18. Juli 1958

[1]) HUNIGER, M., u. H. PANKE: USA Pat. 2 270 124. — [2]) GUERTLER, W.: Z. anorg. allg. Chem. **40**, 337 (1904).

Zum Emissionsverhalten aktivierter Erdalkalimetaantimonate

Zur Präparation wurden molare Mischungen der gereinigten Ausgangsstoffe Antimontrioxyd jeweils mit Calcium-, Strontium- oder Bariumcarbonat in einer Sauerstoffatmosphäre zwischen 600 und 650° C vorgeglüht. Hierbei ließ sich das Antimon so weit oxydieren, daß es während der anschließenden Luftglühung bei 1100° C nicht mehr flüchtig ging.

Beim Calciummetaantimonat konnten mit den Aktivatoren Mangan, Wismut und Blei annähernd die gleichen Lumineszenzeigenschaften erhalten werden, wie sie BERNARD u. Mitarb.[1]) bei Oxydation des Antimontrioxyds mit Kaliumchlorat beschrieben haben.

In Strontiummetaantimonat ließ sich Mangan schon in einer Konzentration von 10^{-4} g Mn/g Metaantimonat nicht mehr einbauen. Strontiummetaantimonat (Bi) zeigt über einen relativ weiten Bereich der Aktivatorkonzentration eine kräftige grüne Emission mit breiter Bande und ausgeprägtem Maximum. Strontiummetaantimonat (Pb) hingegen besitzt eine nur schwache Bande im langwelligen UV-Gebiet.

Auch Bariummetaantimonat mit den Aktivatoren Wismut und Blei hat nur schwache Lumineszenz.

Die Anregung erfolgte mit einer Quecksilberhochdrucklampe der Type U 500 (BGW) unter Verwendung eines Jenaer Filters UG 5. Die Emissionsspektren wurden am Glasspektrographen nach LEUTWEIN aufgenommen. Die untersuchten Luminophore sind gegen Feuchtigkeit und chemische Einflüsse beständig.

Die Arbeiten werden fortgesetzt.

Institut für physikalische Chemie der Universität, Greifswald

H. WITZMANN und H. KÖHLER

Eingegangen am 18. Juli 1958

[1]) JANIN, J., u. R. BERNARD: C. R. Acad. Sci. [Paris] **240**, 614 (1955). — BERNARD, R., u. N. THOMAS: J. Physique Radium **16**, 131 (1955).

Strontiumcerat mit Emission im Sichtbaren

Strontiumcerat wurde durch mehrstündiges Glühen der hochgereinigten Ausgangskomponenten Strontiumcarbonat und Cerdioxyd bei 1200° C in Luft dargestellt. Bei Anregung durch eine Quecksilberhochdrucklampe der Type U 500 mit Jenaer Glasfilter UG 5 zeigt die Substanz starke weiß-grüne Lumineszenz. Das Emissionsspektrum wurde am Dreiprismenglasspektrographen nach LEUTWEIN aufgenommen und besteht aus einer breiten Bande, die sich nahezu über das gesamte sichtbare Gebiet erstreckt (Fig. 1). Als Plattenmaterial dienten Raman-Spektralplatten (Wolfen).

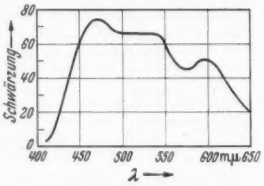

Fig. 1. Emissionsspektrum von Strontiumcerat. Ordinate: Schwärzung in willkürlichen Einheiten

Ein Zusatz von Cerdioxyd zum Strontiumcerat bewirkt eine Verminderung der Intensität, während durch zusätzliches Strontiumoxyd eine geringfügige Intensitätszunahme beobachtet wird. Ein Strontiumoxyd-Luminophor mit etwa 3% Cer hat nahezu die gleiche Intensität wie Strontiumcerat[1]).

Bei Einbau geringer Mengen Barium-, Calcium-, Beryllium- sowie Lithiumoxyd oder von Erdalkalifluoriden, ferner auch Blei wird die Lumineszenz des reinen Strontiumcerates deutlich geschwächt.

Institut für physikalische Chemie der Universität, Greifswald

H. WITZMANN und E. GEGNER

Eingegangen am 18. Juli 1958

[1]) WITZMANN, H., u. G. HERZOG: Z. physik. Chem. **1958** (im Druck).

Über die Atomanordnung der festen Lösung Gold—Nickel

Das System Au—Ni zeigt im festen Zustand als einzige Phasenumwandlung eine Mischungslücke mit oberem kritischem Punkt, deren Gestalt kürzlich von uns genau bestimmt wurde[1]). Man sollte danach erwarten, daß in der homogenen Phase gleiche Nachbarn statistisch bevorzugt sind (cluster-Bildung). Aus der Untersuchung der diffusen Röntgenstreuung haben jedoch FLINN, AVERBACH und COHEN[2]) den Schluß gezogen, daß das Gegenteil zutrifft, also ungleiche Nachbarn bevorzugt sind (Nahordnung im engeren Sinne). Diese Auffassung hat seitdem in theoretischen Überlegungen über feste Lösungen verschiedentlich eine Rolle gespielt[3–5]). Da sie uns aus sehr allgemeinen theoretischen Gründen zweifelhaft erschien, haben wir die diffuse Röntgenstreuung der festen Lösung Au—Ni erneut über den gesamten Konzentrationsbereich zwischen 800 und 900° C untersucht. In der experimentellen Technik bestand der wesentliche Unterschied darin, daß wir bis zu erheblich kleineren Winkeln (30′ gegen etwa 5°) gemessen haben. In der Auswertung haben wir die Entschmierung der Streukurve nach GUINIER und FOURNET[6]) durchgeführt, welche bei kleinen Streuwinkeln einen sehr erheblichen Einfluß hat und von FLINN, AVERBACH und COHEN überhaupt nicht erwähnt wird. Aus den korrigierten Streukurven haben wir nach der früher von uns entwickelten Theorie[7]) die Korrelationsfunktionen berechnet. Alle Korrelationsfunktionen zeigen in der Gegend der ersten Koordinationsschale ein positives Maximum, was einem Überschuß von gleichen

Nachbarn (cluster-Bildung) entspricht. Damit ist gezeigt, daß das System Au—Ni sich in der Atomanordnung nicht grundsätzlich von dem System Al—Zn unterscheidet, wie es nach den thermodynamischen Eigenschaften zu erwarten war. Die erwähnten theoretischen Spekulationen sind damit hinfällig. Die unterschiedliche Größe der Atome im System Au—Ni bewirkt gegenüber dem System Al—Zn eine beträchtliche Deformation der Streukurve, welche die erwähnte Fehlinterpretation verursacht hat. Als Beispiele

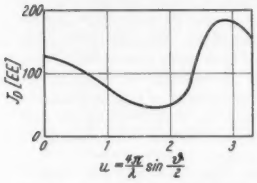

Fig. 1. Auskorrigierte Streukurve einer Au-Ni-Legierung mit 10 Atom-% Ni bei 820° C

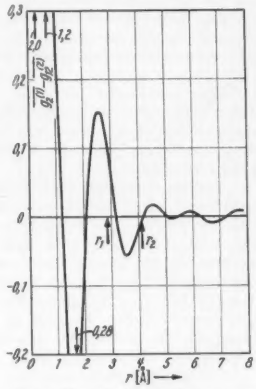

Fig. 2. Korrelationsfunktion einer Au-Ni-Legierung mit 10 Atom-% Ni bei 820° C

zeigt Fig. 1 eine auskorrigierte Streukurve, Fig. 2 die durch Fourier-Transformation daraus erhaltene Korrelationsfunktion.

Die ausführliche Mitteilung erfolgt demnächst an anderer Stelle.

Metall-Laboratorium der Metallgesellschaft AG., Frankfurt a. Main

A. MÜNSTER und K. SAGEL

Eingegangen am 5. Juli 1958

[1]) MÜNSTER, A., u. K. SAGEL: Z. physik. Chem., N. F. 14, 296 (1958). — [2]) FLINN, P. A., B. L. AVERBACH u. M. COHEN: Acta Metallurgica 1, 664 (1953). — [3]) SEIGLE, L. L., M. COHEN u. B. L. AVERBACH: Trans. A.I.M.E. 194, 1320 (1952). — [4]) ORIANI, R. A.: Acta Metallurgica 3, 232 (1955). — [5]) AVERBACH, B. L.: The Structure of solid solutions. AEC Techn. Rep. Nr. 32 (NYO-7054). — [6]) GUINIER, A., u. G. FOURNET: J. Phys. Radium 8, 345 (1947). — [7]) MÜNSTER, A., u. K. SAGEL: Z. physik. Chem., N.F. 12, 145 (1957).

Über eine lamellenartige Struktur an CdS-Kristallen

Nach dem Verfahren von FRERICHS[1]) aus der Dampfphase gezüchtete CdS-Kristalle zeigen häufig eine Riefelung parallel zur Richtung der kristallographischen *c*-Achse, wie röntgenographische Untersuchungen von JOST[2]) ergeben haben. Diese bekannten, mit bloßem Auge sichtbaren Riefen finden sich im allgemeinen in unregelmäßigen Abständen von einigen

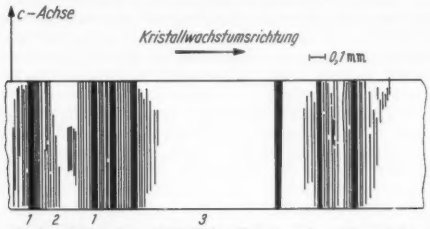

Fig. 1. Beispiel für einen CdS-Kristall mit grober (*1*) und feiner (*2*) Riefelung sowie „ungestörten" Bereichen (*3*)

Zehntel-Millimetern bis über 1 mm. Daneben wurde bei optischen Untersuchungen eine feine Riefelung bemerkt, die nur im Lichtmikroskop als Strichmuster sichtbar wird (Fig. 1). Diese feinen Riefen treten in relativ regelmäßigen Abständen der Größenordnung 10^{-4} cm auf und bilden häufig kleinere, nicht zusammenhängende Bereiche, deren Breite bei manchen Kristallexemplaren über 1 mm Ausdehnung erlangt. Man findet sie sowohl bei Einkristallen als auch bei Zwillingen. Bei Durchstrahlung mit einem parallelen Lichtbündel können mit feingeriefelten Kristallen Beugungsspektren erzeugt werden, die bisher wahrscheinlich deswegen nicht beachtet wurden, weil verschiedene störende Einflüsse — wie z. B. die groben Riefen — wirksam sind, andererseits die selektive Durchlässigkeit der Kristalle zugleich günstig als Vorzerlegung wirkt. Eine Berechnung der Gitterkonstanten aus dem gemessenen Beugungswinkel bei bekannter Wellenlänge und Ordnungszahl führt ebenfalls auf die Größenordnung von 10^{-4} cm. Das Fehlen Beckescher Linien und Untersuchungen mit dem Phasenkontrastverfahren deuten nicht auf ein Phasengitter.

Die gefundene Größenordnung für den Strichabstand erinnert an Grafsche Lamellen[3]). Es wurde in der Tat eine weitgehende Bestätigung der entwickelten Vorstellungen vom Lamellenwachstum gefunden. Die Kristalle haben Wurzitstruktur (B 4-Typ) und gehören zur Raumgruppe C_{6v}^{4}. Niederindizierte Ebenen parallel zur *c*-Achse, die nach GRAF als Grenze zwischen zwei benachbarten Lamellen in Frage kommen, sind die Ebenen $(11\bar{2}0)$ und $(10\bar{1}0)$. Ihre Neigungen gegen die Flächennormale der Kristallblättchen wurden mit dem Reflexionsgoniometer nachgeprüft. Die Ebene (0001) liegt senkrecht zur Lamellenschichtung. In ihr findet sich die dichteste Besetzung in bezug auf eine bestimmte Atomsorte. Vertikal zu dieser Ebene werden die Bindungskräfte am stärksten wirksam. In dieser Richtung wird schnelles Wachstum erfolgen, und sie ist tatsächlich die Wachstumsrichtung der Lamellen bei CdS-Kristallen. Die Untersuchungen haben zugleich ergeben, daß sich das gesamte Kristallblättchen parallel zu einer möglichen Lamellenebene erstreckt. Außerdem erscheinen CdS-Kristalle zum Studium des engen Zusammenhanges zwischen Lamellen- und Dendritenwachstum geeignet.

Die lamellenartige Riefelung übt einen unmittelbar störenden Einfluß auf optische Absorptionsmessungen aus. Darüber hinaus ist auch eine Beeinflussung der Emissions- und elektrischen Leitfähigkeitseigenschaften der Kristalle wahrscheinlich, weil an den Lamellengrenzen zweifellos Störungen des Kristallgitters auftreten. Einfache Kohärenzstörungen, aber auch richtige Verwerfungen des Gitters sind denkbar. Im Lichtmikroskop erkennt man lediglich die riefenförmigen Auswirkungen der Lamellierung an der Kristalloberfläche und kann keine Aussage über die Fortsetzung der Oberflächenstörungen in das Kristallinnere machen. Einen Hinweis gibt jedoch folgende Beobachtung, die an einem mit UV angeregten CdS-Kristall bei der Temperatur der flüssigen Luft gemacht wurde. Die Anregung erfolgte mit einer Quecksilberhöchstdrucklampe HBO 500 und Schott-Filter bei stark verkleinerter Abbildung. Bei Gleichstrombetrieb bildet sich innerhalb des Lichtbogens ein kleiner Bereich höchster Leuchtdichte, so daß man nur einen kleinen Kristallbezirk anregen konnte. Bewegte man diesen Anregungsfleck in der Kristallwachstumsrichtung (das ist quer zur Riefelung) auf der Oberfläche des Kristalls entlang, so leuchtete er in fortgesetztem Wechsel einmal strahlend rot, dann intensiv grün. Bei einer kleinen Verrückung des Anregungsfleckes um Millimeterbruchteile erfolgte ein mehrfacher Wechsel der Leuchtfarbe. Dabei strahlte jedesmal der gesamte Kristall rot und nach der Verrückung wieder der gesamte Kristall grün usf. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Riefenstruktur konnte jedoch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, da die Abmessungen des Anregungsfleckes auch unter dem Mikroskop nicht definitiv angebbar waren. Jedoch ist damit der Nachweis einer periodisch wechselnden Fehlordnung parallel zur Lamellenrichtung erbracht. Die Verteilung des Emissionslichtes über den gesamten Kristall erfolgt dabei offensichtlich vorwiegend durch Vielfachreflexion[4]).

II. Physikalisches Institut der Humboldt-Universität, Berlin

HEINZ RADELT

Eingegangen am 3. Juli 1958

[1]) FRERICHS, R.: Physic. Rev. 72, 594 (1947). — [2]) JOST, K. H.: Z. Naturforsch. 9a, 435 (1954). — [3]) GRAF, L.: Z. Metallkunde 42, 336, 401 (1951). — [4]) Eine ausführliche Veröffentlichung über weitere Arbeiten ist in Vorbereitung für die Festschrift der Wissenschaftl. Z. der Humboldt-Universität zur 150 Jahrfeier 1959/60.

Der Sr^{90}-Gehalt verschiedener Böden im Bundesgebiet und in West-Berlin

Bei der Beurteilung der Gefahren, die mit der Aufnahme von langlebigen künstlichen Radionukliden durch die Pflanze für die Ernährung von Mensch und Tier entstehen können, spielt die Anreicherung des Bodens mit radioaktiven Substanzen eine nicht unwesentliche Rolle. Um eine Übersicht über das bisherige Ausmaß einer solchen mit der Häufigkeit von Atombombenexplosionen zunehmenden Verseuchung zu erhalten, wurden im Jahr 1957 22 über das gesamte Bundesgebiet verteilte Dauergrünlandböden mit der zugehörigen Grasvegetation auf den Gehalt an Sr^{90} untersucht. Die sach-

gemäße Auswahl der Böden und die Durchführung der Probeentnahmen geschahen durch den Deutschen Pflanzenschutzdienst, der in enger Zusammenarbeit mit den Pflanzenschutzämtern der Länder nach einheitlichem Plan geeignete Bodenflächen ausgesucht und zum Zweck einer fortlaufenden Überwachung als Kontrollparzellen eingerichtet hat. In die Bodenuntersuchung wurden 6 Bodenproben des West-Berliner Rieselfeldes, die mit unterschiedlichen ungeklärten Abwassermengen beaufschlagt waren, einbezogen.

Die chemische Aufbereitung der Bodenproben geschah in Anlehnung an die in Harwell, England, gebräuchliche Arbeitsmethodik von BRYANT u. Mitarb.[1]) sowie an die in USA gebräuchliche Methode von HAHN und STRAUB[2]). Nach Zerkleinerung und Absieben der Bodenproben auf Korngrößen < 2 mm (Feinboden) und Zusatz von Strontiumträger wurde erschöpfend mit verdünnter Salzsäure extrahiert und im

Tabelle 1. *Sr^{90}-Radioaktivität in Böden*
(in mC/km² bei 10 cm Bodentiefe)

Lfd. Nr.	Herkunft der Böden	Sr^{90}
1	Versuchsfeld Biol. Bundesanstalt Berlin-Dahlem	4,12 ± 0,36
2	Hamburg-Schnelsen	3,11 ± 0,39
3	Frankfurt a. M.-Hausen	10,30 ± 0,82
4	Niederkaufungen (Kassel-Harleshausen)	4,64 ± 0,46
5	Waterneverstorf-Gut (Kiel)	2,92 ± 0,42
6	Kloster Metten (Deggendorf)	4,29 ± 0,57
7	München	13,77 ± 0,71
12	Marktheidenfeld (Würzburg)	2,56 ± 0,32
14	Saarbeck (Münster)	2,52 ± 0,84
17	Gemarkung Bonlanden, Krs. Esslingen/Neckar (Stuttgart)	7,21 ± 0,98
18	Bayreuth	2,55 ± 0,39
19	Bremen	8,14 ± 1,43
20	Bonn	5,56 ± 1,15
21	Niedertraubling 10 (Regensburg)	4,55 ± 0,53
22	Oldenburg	4,50 ± 0,88
24	Gemeinde Friesenried, Ldkr. Marktoberdorf (Augsburg-Stadtbergen)	4,17 ± 0,78
25	Plantage Berg-Ägirbad Lichterfelde (Berlin)	4,36 ± 0,72
26	Ansbach	3,96 ± 0,34
27	Merdingen (Freiburg i. Brsg.)	<5,71
28	Erlenbach (Freiburg i. Brsg.)	5,22
30	Maximiliansau (Kandel/Pfalz)	1,69 ± 0,34
31	Gemeinde Grötzingen (Karlsruhe-Augustenberg)	6,27 ± 0,39
	Mittel	5,1
8	Rieselfelder B 4h (Berlin)	7,43 ± 0,36
9	Rieselfelder Plan A Schlag 2a (Berlin)	2,86 ± 0,42
10	Rieselfelder E 40 (Berlin)	6,97 ± 0,45
11	Rieselfelder Plan B Schlag 2a (Berlin)	3,40 ± 0,38
13	Rieselfelder Probe F 2e (Berlin)	18,32 ± 0,48
29	Rieselfelder G 27d (Berlin)	3,40 ± 0,49
	Mittel	7,6

Extrakt die Erdalkaligruppe über die Oxalatfällung abgetrennt. Die Entfernung des Kalziums geschah mit rauchender Salpetersäure und Aceton, die der Barium-Radium-Fraktion über die Ausfällung mit Chromat.

Die in der Sr-Gruppe verbleibenden seltenen Erden konnten durch Mitfällung mit $Fe(OH)_3$ abgeschieden werden. Aus der so gereinigten Sr-Fraktion wurde nach Zusatz von Yttriumträgerlösung aus dem radiochemischen Gleichgewicht $Sr^{90} - Y^{90}$ das gebildete Y^{90} mit karbonatfreiem Ammoniak als Hydroxyd gefällt, alsdann in Y-Oxalat überführt und die Y^{90}-Aktivität etwa 5 Std nach der Abtrennung mit einem Fensterzählrohr gemessen. Durch Messung des Abklingens der Aktivität über mehr als 130 Std wurde bei den stärkeren Proben sichergestellt, daß die Aktivität dem Y^{90} (64 h Halbwertzeit) zugehörte. Bei den schwachen Proben ist eine genaue Kontrolle der Halbwertzeit wegen der großen statistischen Schwankungen nicht möglich, doch ist der Abfall auch hier nicht im Widerspruch mit einer Halbwertzeit von 64 h, so daß, auch wegen der völlig gleichartigen Behandlung der Proben, angenommen werden kann, daß die Aktivität der Proben von Y^{90} herrührte. Durch Ausgleichsrechnung wurde die Y^{90}-Aktivität zum Zeitpunkt der Abtrennung berechnet. Für einen ersten Überblick wurde mit einem mittleren spezifischen Bodengewicht von 1,33 und einer Bodentiefe von 10 cm der Sr^{90}-Gehalt pro km² und 10 cm Bodenschicht errechnet (Tabelle 1).

Als Mittelwert der 22 Proben ergab sich ein Sr^{90}-Gehalt von 5,1 mC/km² und 10 cm obere Bodenschicht, in guter Übereinstimmung mit englischen und amerikanischen Messungen. Die Werte der verschiedenen Entnahmestellen sind recht verschieden, der höchste Wert wurde in München gefunden: 13,8 mC/km² und 10 cm Tiefe, der niedrigste in Maximiliansau (Kandel/Pfalz) mit 1,7 mC/km² und 10 cm Tiefe. Die starken Abweichungen dürften in erster Linie durch die Unterschiede in der Gesamtmenge der atmosphärischen Niederschläge und im Sr-Rückhaltvermögen der oberen Bodenschicht bedingt sein und nicht so sehr durch eine sehr verschiedene mittlere spezifische Aktivität des Niederschlages, die nach Messungen mehrerer Meßstellen des Bundesgebietes im Jahresmittel lediglich um etwa den Faktor 2 schwankt, wobei allerdings im wesentlichen die Aktivität der kurzlebigen Bombenprodukte erfaßt wird.

Für die Rieselfeldproben von Berlin ergibt sich ein Mittelwert von 7,6 mC/km². Durch besonders hohen Gehalt zeichnet sich die Probe vom Feld F 2e aus, die 18,3 mC/km² ergibt. Bei diesen Proben muß mit erhöhten Werten gerechnet werden, da auf Rieselfeldern zusätzlich zum atmosphärischen Niederschlag große und schnell ablaufende Niederschlagsmengen aus dem kanalisierten Stadtgebiet als Abwasser zusätzlich versickern. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, daß eventuell Sr-Aktivitäten aus den Abwässern von Isotopenlaboratorien herrühren können.

Für die Unterstützung bei der Durchführung der chemischen Analysen und physikalischen Messungen sei unseren Mitarbeitern Frl. U. HÜBNER und Herrn U. MARCKWORDT an dieser Stelle besonders gedankt.

Institut für landwirtschaftliche Chemie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem
ERWIN WELTE

Physikalisches Institut der Universität, Freiburg i. Br.
ALBERT SITTKUS

Eingegangen am 28. Juni 1958

R_C-Werte, auf eine Homologenreihe von Eichsubstanzen bezogene R_f-Werte, als reproduzible Konstanten bei der Dokumentation in der Papierchromatographie und ihre Verwendung zur Elimination von Gradienteneffekten und zur Konstitutionsaufklärung aus R_f-Werten

Durch ein Papierchromatogramm (PC-Gramm) mit diagonaler Startlinie (Fig. 1) läßt sich leicht demonstrieren, daß die Beweglichkeit einer Substanz im PC-Gramm nicht unabhängig von der Zeit und vom Ort auf dem Papier ist, wie dieses vorausgesetzt wird, wenn man R_M-Werte als lineare Funktionen der Logarithmen der Verteilungskoeffizienten auffaßt, um sie z. B. für die Konstitutionsaufklärung[1]) zu verwerten.

$$R_M = \lg \frac{R_f}{1 - R_f} = \lg \frac{A_l}{A_s} - \lg \alpha$$

(α = Verteilungskoeffizient; A_l/A_s Phasenverhältnis mobile/stationäre Phase).

Die Abweichungen sind darauf zurückzuführen, daß entgegen den in der obigen Formel enthaltenen Voraussetzungen weder die chemische Zusammensetzung noch das Mengenverhältnis der Phasen an allen Stellen des PC-Gramms konstant sind, sondern stetige Änderungen aufweisen (Gradient)[2]). Der chemische Gradient, beruhend auf Entzug von Wasser aus dem Lösungsmittel durch das Papier, kann durch Äquilibrierung vermindert werden. Der durch obigen Test nachweisbare noch verbleibende Effekt, der „Phasengradient", beruht darauf, daß die treibende Kraft der Strömung im Papier ja nichts anderes als der Unterschied zwischen der kapillaren Sättigung benachbarter Stellen ist. Die Gravitation spielt ausweislich der geringen Unterschiede der Strömungsgeschwindigkeiten im aufsteigenden und absteigenden Verfahren bei den üblichen Lauflängen keine wesentliche Rolle. Der Effekt kann vermindert werden durch Aufsteigenlassen bis zum Rand, bis die Strömung zum Stillstand gekommen ist. Doch ist auch so ausweislich obigen Testes das theoretisch zu erwartende Ergebnis wegen weiterer Störeffekte schwierig zu erreichen.

Setzt man jedoch die von MARTIN thermodynamisch abgeleitete Additivität der R_M-Werte als gültig voraus, so läßt sich der Phasengradient und in erster Annäherung (bei nicht zu hohen R_f-Werten) der chemische Gradient dadurch eliminieren, daß man auf dem gleichen PC-Gramm eine Skala mit Hilfe einer Reihe von homologen Eichsubstanzen ansetzt und den Positionen der Homologen die R_C-Werte $-1, 0, +1, +2, +3, \ldots$ zuordnet. Die Beweglichkeiten, die in einer mit Hilfe der α-Noraminosäuren hergestellten Skala gemessen

werden, wären dann als $R_{C\,(\mathrm{Alanin})}$ zu bezeichnen, wenn das Alanin als „Basis" der R_C-Skala ($R_C \equiv 0$ für Alanin) gewählt wurde. Das erste Glied einer homologen Reihe zeigt oft Abweichungen (Inkremente). Mit Hilfe einer R_C-Wertskala lassen sich R_f-Werte in Rundfilter-PC-Grammen, die infolge einer dritten Art von Gradienten (geometrischer Gradient, nach der Peripherie zu abnehmende Strömungsgeschwindigkeit) gleich der Quadratwurzel der gewöhnlichen R_f-Werte

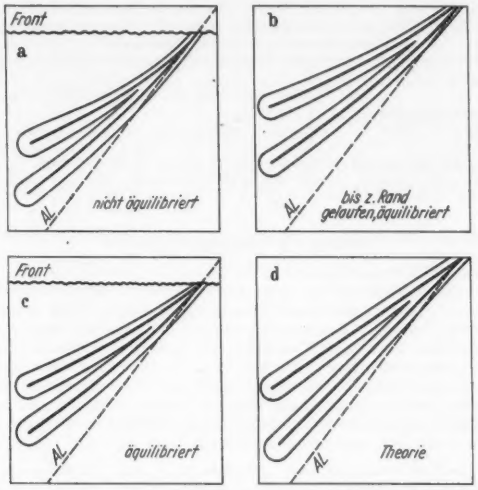

Fig. 1 a—d. Abweichungen der R_f-Werte von der Theorie. AL = Auftragslinie. a Nicht äquilibriert; b bis zum Rand gelaufen, äquilibriert; c äquilibriert; d Theorie

sind, im R_C-Maßsystem vergleichbar mit den üblichen R_f-Werten und R_f-Werten auf Keilstreifen darstellen. R_C-Werte sind im übrigen (ähnlich wie die auf Glukose bezogenen R_G-Werte) wegen ihrer besseren Reproduzierbarkeit für Dokumentation und Publikation weit besser geeignet, während absolute R_f-Werte bekanntlich wegen der vielfältigen Einflüsse experimenteller Bedingungen nicht immer einwandfrei reproduzierbar sind.

R_C-Werte sind wie R_M-Werte additive Stoffkonstanten. Sie sind lineare Funktionen der „richtigen", nicht mehr mit Gradienteneffekten behafteten R_M-Werte:

$$R_C = [R_M - R_{M\,(\mathrm{Basis})}]/K_{(\mathrm{CH_2})}\,,$$

wobei $R_{M\,(\mathrm{Basis})}$ der R_M-Wert der Basis der R_C-Skala ($R_{C\,(\mathrm{Basis})} \equiv 0$) und $K_{(\mathrm{CH_2})}$ die CH_2-Konstante in R_M-Skala gemessen (R_M-Differenz zweier homologer Substanzen) ist.

R_C-Werte können als bezüglich der CH_2-Konstante und der Lauflänge der Basissubstanz normierte R_M-Werte aufgefaßt werden. Wegen ihrer additiven Eigenschaften und ihrer besseren Reproduzierbarkeit bilden sie einen Ausgangspunkt für die praktische Anwendung des von SCHAUER, BULIRSCH und DECKER[1]) angegebenen Verfahrens zur Konstitutionsaufklärung aus R_f-Werten.

Hannover, Physiologisches Institut der Tierärztlichen Hochschule

P. DECKER

Eingegangen am 15. Juli 1958

[1]) SCHAUER, H. K., u. R. BULIRSCH: Z. Naturforsch. **10b**, 683 (1955); **13b**, 327 (1958). — SCHAUER, H. K., R. BULIRSCH u. P. DECKER: Naturwiss. **23**, 626 (1955). — [2]) DECKER, P.: Ber. ges. Physiol exp. Pharmakol. **189**, 134 (1957).

„Abgeleitete", „gruppeninvariante" und „gruppenspezifische" Verteilungssysteme als Hilfsmittel bei der Konstitutionsaufklärung aus Verteilungsquotienten und papierchromatographischen R_f-Werten und ihre Beziehungen zu anderen additiven Stoffkonstanten

Logarithmen der Verteilungskoeffizienten zwischen zwei Phasen ($\lg \alpha$) und R_M-Werte sind nach MARTIN lineare Funktionen der zur Überführung einer Molekel einer Substanz aus einer in die andere Phase erforderlichen Arbeit und können Summen gleichgesetzt werden, die sich aus den Überführungsarbeiten für die Einzelteile einer Molekel zusammensetzen[1]),[6b,c]). Die einzelnen Glieder dieser Summe sind unter anderem Produkte aus der Zahl der einzelnen Atome bzw. Atomgruppen in der Molekel und der der Überführungsarbeit für eine dieser Gruppen entsprechenden Gruppenkonstante (GK). Subtrahiert man zwei solche den R_M-Werten oder den Logarithmen der Verteilungskoeffizienten einer Substanz in zwei verschiedenen Verteilungssystemen entsprechende Gleichungen, so resultieren analog zusammengesetzte Gleichungen, die als GK die Differenz der GK in dem ursprünglichen System enthalten:

Definition 1. Die Differenzen der R_M-Werte oder $\lg \alpha$ von Substanzen in zwei verschiedenen Verteilungssystemen werden R_M-Werte in einem *abgeleiteten Verteilungssystem* genannt.

Im Falle einer Verteilung z. B. zwischen Wasser und Äther einerseits ($\lg \alpha_1$) und Wasser und Chloroform andererseits ($\lg \alpha_2$) läßt sich ($\lg \alpha_1 - \lg \alpha_2$) als Funktion der Überführungsarbeit zwischen Äther und Chloroform physikalisch deuten.

Definition 2. Ein Verteilungssystem, bei welchem eine Gruppenkonstante Null ist, ist *„invariant"* gegenüber dieser Gruppe.

Substanzen, die sich nur durch den Gehalt an dieser Gruppe unterscheiden, besitzen darin gleiche Verteilungsquotienten bzw. R_M-Werte.

Theorem 1. Aus zwei Verteilungssystemen, die in einer GK übereinstimmen, abgeleitete Systeme sind invariant hinsichtlich der betreffenden Gruppe.

Auf diese Weise lassen sich Systeme mit der CH_2-Konstante Null (CH_2-invariante Systeme) ableiten, die unter den physikalisch realisierbaren Verteilungssystemen bisher nicht aufgefunden wurden. In solchen Systemen besitzen homologe Substanzpaare gleich große Verteilungskoeffizienten, eine Eigenschaft, welche für die Konstitutionsaufklärung aus papierchromatographischen Daten wichtig ist. Da bei den früher beschriebenen R_C-Werten[2]) die CH_2-Konstante 1 ist, gilt:

Theorem 2. Aus R_C-Werten abgeleitete Verteilungssysteme sind CH_2-invariant.

Definition 3. Ein Verteilungssystem, in welchem alle GK mit Ausnahme einer einzigen Null sind, wird *„gruppenspezifisch"* genannt.

Theorem 3. Abgeleitete Systeme, die aus 2 Systemen entstehen, die sich nur hinsichtlich eines Zusatzes unterscheiden, welcher spezifisch mit einer bestimmten funktionellen Gruppe reagiert (durch Salzbildung bei Säuren und Basen, Komplexbildung, chemische Reaktion), sind hinsichtlich dieser Gruppe annähernd gruppenspezifisch.

Hierher gehört die bekannte Erniedrigung der R_f-Werte und Verteilungsquotienten von Säuren durch Basenzusatz zum Lösungsmittel und umgekehrt. Auf empirischer Grundlage wurde vor kurzem von SANDELL[3]) ein in unserem Sinn abgeleitetes System (Quotient der Verteilungskoeffizienten Äther/Wasser und Chloroform/Wasser) zur Diagnose auf OH-Gruppen und von REICHEL[4]) auf Grund von den hier vorliegenden ähnlichen Überlegungen ein gruppenspezifisches papierchromatographisches System zur Bestimmung der Zahl der Carboxylgruppen in der Molekel angegeben.

Theorem 4. Definition und Theorem 1—3 lassen sich außer auf R_M-Werte, R_C-Werte und $\lg \alpha$ auch auf andere additive Stoffkonstanten, insbesondere Molgewicht, Verbrennungsenthalpie, Molvolumen, Molrefraktion und Parachor und deren Kombinationen sinngemäß anwenden.

Dieses gibt eine Erklärung für die von MASON u. Mitarb.[5]) aufgefundenen Beziehungen zwischen R_M-Wert und Atomrefraktion. Da die Martinsche Formel auf einer thermodynamischen Ableitung beruht, gilt

Theorem 5. Alle bisherigen Ausführungen sind auf Verteilungssysteme im weitesten Sinne anwendbar, soweit die Verteilungsisothermen linear sind.

Sie gelten also auch für Adsorptionschromatographie (Verteilung zwischen Flüssigkeit und Oberfläche), Dampfflüssigkeitsgleichgewichte usw. Möglichkeiten zur Anwendung auf Systeme mit nicht linearer Verteilungsisothermie ergeben sich aus [6a]).

Hannover, Physiologisches Institut der Tierärztlichen Hochschule

P. DECKER

Eingegangen am 21. Juli 1958

[1]) MARTIN, A. J. P.: Biochem. Soc. Symposia **3**, 4 (1949). — [2]) DECKER, P.: Naturwiss. **45**, 464 (1958). — [3]) SANDELL, K. B.: Naturwiss. **42**, 606 (1955). — [4]) REICHEL, E. R.: Mikrochim. Acta [Wien] **1956**, 955. — [5]) MASON u. Mitarb.: Biochim. et biophysica Acta [Amsterd.] **26**, 182 (1957). — [6]) SCHAUER, H. K., u. R. BULIRSCH: Z. Naturforsch. a) **10b**, 683 (1955); b) **13b**, 327 (1958); c) (mit P. DECKER): Naturwiss. **42**, 626 (1955).

Anwendung von Ionenaustauschern zur Reinigung der Ausgangsstoffe für Erdalkaliphosphat-Luminophore

Zur Darstellung anorganischer Kristall-Luminophore sind reinste Ausgangsstoffe erforderlich, da schon Spuren bestimmter Schwermetalle die Lumineszenz zu beeinträchtigen vermögen. In neuerer Zeit hat die Höchstreinigung mit Ionenaustauschern auch in der Lumineszenzchemie an Bedeutung gewonnen. In diesem Zusammenhang wurde zunächst die Entfernung des Eisens untersucht. Es wurden speziell sekundäres Ammoniumphosphat und Salze der Erdalkalien gereinigt. Das Eisen wurde, wie bereits im Falle der Höchstreinigung von Borsäure mitgeteilt, als Komplexverbindung an einem Kationenaustauscher gebunden, wobei die Vorreinigung des Säulenmaterials unter Ausnutzung der Quellungsdifferenz erfolgte[1]). Es ergab sich, daß der Komplex des Fe^{II} mit 2,2'-Dipyridyl auch aus einer Lösung von sekundärem Ammoniumphosphat und aus Lösungen von Erdalkalisalzen durch die Kationenaustauscher CP 300 und F zurückgehalten wird.

Institut für physikalische Chemie der Universität, Greifswald

H. Witzmann und G. Hahn

Eingegangen am 18. Juli 1958

[1]) Witzmann, H., u. Hk. Müller-Buschbaum: Z. analyt. Chem. **159**, 348 (1958).

Titration of Normal Serum by High Frequency Method

The estimation of the numbers of acidic and basic groups per molecule in a native protein by the potentiometric titration against dilute acid and alkali had long been reported[1]). The titration of inorganic acid bases by high frequency titration apparatus has been reported from time to time by many workers[2]). The titration of dibasic organic acids by high frequency method has recently been reported[2]). In the present paper the titration of normal serum by high frequency method has been discussed and a correlation between them by this and potentiometric method has been shown.

Materials. (i) Normal rabbit's serum — blood from the fasting healthy male rabbits (1300 g) was taken and serum separated and kept aseptically in sterile ampoules. — (ii) Standard N/10 hydrochloric acid (HCl). — (iii) High frequency

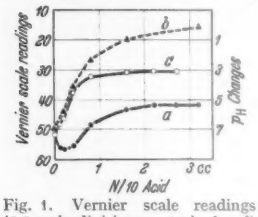

Fig. 1. Vernier scale readings (5·5 scale divisions = 1 picofarad) vs. N/10 acid added (cc). *a* high frequency titration of serum; *b* high frequency titration of water; *c* potentiometric titration of serum

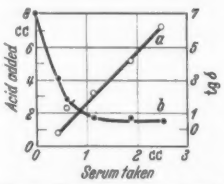

Fig. 2. Total volumes of acid added at the inflection point (curve *a*; ordinate axis on the left) and slope of rise (tan Θ) (curve *b*; ordinate axis on the right) vs quantities of serum taken (cc)

titration apparatus (5·7 megacycles) with cell and electrical stirrer[2]), assembled by Messrs Emission Radio & Varietes, Calcutta. — (iv) A p_H meter (Photovolt corp, New York City, Model 125).

The method of titration was essentially the same as that described by Mukherji[2]). Difference volumes of normal serum were diluted with glass distilled water to total volumes of 50 cc. They were taken in the high frequency titration cell in turn and stirred. In the standardisation of the titration machine the main dial was so adjusted that the vernier dial was at 50. The main dial was kept constant throughout the whole titration. After each addition of different volumes of standard acid, the solution was stirred and the reading of the vernier dial was taken at the equititration point after stopping the stirrer. After taking the high frequency reading at each addition, p_H of the solution was noted. The addition of acid was stopped when the reading of the vernier scale of the high frequency apparatus became more or less constant.

During the high frequency titration of normal serum with dilute standard acids, the capacitance of the solution decreased at first till the solution of normal serum became turbid. With further addition of acid the solution started clearing and the capacitance started rising with it till it became constant (Fig. 1). Potentiometric titration of the solution with the serial addition of acid also showed the typical pattern of a protein and the shift in p_H reached a constant level around at p_H 3 (Fig. 1).

Both the total volume of acid added with each quantity of serum taken till the end point in the high frequency titration and the slope of the rise (tan Θ in Fig. 1) varied, as expected, with the quantities of serum taken for titration and tended to bear persistant relations with those quantities (Table 1 and

Table 1. *Total volume of acid (cc) added till I constant capacitance (high frequency), II pH (potentiometric)*

Vol. of serum taken (cc)		0·415	0·625	1·250	1·870	2·50	0*)
Total volume of acid (cc) added	I	0·8	1·2	3·2	5·2	7·2	—
	II	0·30	0·45	0·90	1·10	1·45	—
slope of rise (tan Θ)		3·10	1·80	0·66	0·70	0·50	7·0

*) Water 50 cc.

Fig. 2). The details of the method and its application in the study of antigen-antibody reaction will be reported in a separate communication.

The authors wish to give their sincere thanks to Dr. J. C. Ray, Director of this Institute, and to Dr. Sachin Mukerjee, Professor and Head of the Department of Physical Chemistry, Jadavpur University, Calcutta, for their keen interest and valuable advice and to Shri Sudhir Banerjee and Miss Lila Chakraborty for their help during the progress of the work. Sincere gratidude is also expressed to the Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi, for the award of a senior fellowship to one of the authors (K. S.).

Indian Institute for Biochemistry and Experimental Medicine, Calcutta

Kunal Saha and S. N. Chaudhuri

Eingegangen am 7. Juli 1958

[1]) Springall, H. D.: The structural chemistry of proteins, p. 222. London: Butterworths Scientific Publication 1954. — [2]) Mukerjee, S. N.: Sci. and Cult. **23**, 53 (1957).

Neue Systeme zur Trennung der Corticosteroide durch Papier-Chromatographie

Lösungsmittelsysteme, welche bei der papierchromatographischen Trennung von Steroiden mit polaren organischen Lösungsmitteln wie Propylenglykol[1]), Äthylenglykol[2]), Formamid[1]) Anwendung finden, haben den Vorteil einer guten Trennfähigkeit und einer verhältnismäßig scharfen Trennung. Als mobile Phase dienen Benzol, Toluol, Chloroform, Ligroin und deren Mischungen. In unserem Laboratorium wurden reine Corticosteroide sowie Harnextrakte mit den Systemen Äthylenglykol/Tetrachlormethan und Propylenglykol/Tetrachlormethan getrennt. Diese Systeme eignen sich zur Trennung von Aldosteron von den übrigen Harncorticosteroiden.

Nach dem Eintragen von 10—20 γ Steroid oder von Bruchteilen des Extraktes, entsprechend $^1/_{40}$ bis $^1/_{20}$ der Harnmenge binnen 24 Std, auf den Start von Papier Whatman 1, Durchziehen des Papiers durch eine 30%ige Methanollösung von Glykol und Trocknen zwischen 2 Schichten von Filterpapier tragen wir das Chromatogramm in eine mit Dämpfen von Tetrachlormethan gesättigte Kammer ein und entwickeln es mit durch Äthylen- bzw. Propylenglykol gesättigtem Tetrachlormethan. Eine scharfe Trennung des Cortisons und Hydrocortisons erreichen wir nach 10stündiger Entwicklung.

Tabelle 1. *R_f und die Beweglichkeiten (Bew.) einiger Corticosteroide und ihrer Acetate in den Systemen Äthylenglykol/Tetrachlormethan (System A) und Propylenglykol/Tetrachlormethan (System B)*

Steroid	System A		System B	
	R_f	Bew.*)	R_f	Bew.*)
Hydrocortison	0,01	1,6	0,00	0,8
Aldosteron		19,0		
Cortison	0,10	26,2	0,01	10,2
11-Desoxycortison	0,15		0,07	
11-Desoxycorticosteron	0,88		0,70	
Cortisonacetat	0,26		0,14	
11-Desoxycortisonacetat	0,71		0,50	
11-Desoxycorticosteronacetat	0,98		0,96	

*) Bew. = Beweglichkeit (cm vom Start in 20 Std)

Aldosteron bewegt sich zwischen dem Hydrocortison und Cortison. Die Detektion wurde durch 10% NaOH in 60% Methanol (Fluoreszenz im UV-Licht) oder mit Kontakt-UV-Lichtphotographie durchgeführt.

Im Vergleich mit dem System 50% Äthylenglykol/Toluol[2]) erreicht man mit den neuen Systemen eine viel schärfere Trennung von Hydrocortison und Cortison, denn das Verhältnis zwischen den Beweglichkeiten von Cortison und Hydrocortison ist auf das 6fache gestiegen. Eine geringere Konzentration des Imprägnierungsmittels (30%) als die übliche (50%) verursacht keine Verschlechterung der Schärfe der Trennung und vergrößert sogar ihre Geschwindigkeit.

Forschungsinstitut für Endokrinologie, Prag

M. Prusíková

Eingegangen am 14. Juli 1958

[1]) Burton, R. B., A. Zaffaroni u. E. H. Keutmann: J. of Biol. Chem. **188**, 763 (1951); **193**, 769 (1951); Science **110**, 442 (1951). — [2]) Nowaczynski, W. J.: J. Lab. Clin. Med. **1957**, 815.

Thermal Decomposition of Antibiotics

Although many of the antibiotics have been studied from a constitutional and bactericidal viewpoint, little is known concerning their thermal decomposition in air. We have investigated the thermal behavior of a number of antibiotics, part of which has previously been published[1]). In this note, we would like to present our further investigations in this area.

The thermal decomposition of the antibiotics was studied by means of an automatic recording thermobalance[2]), using the procedure as previously described[1]). Sample sizes ranged

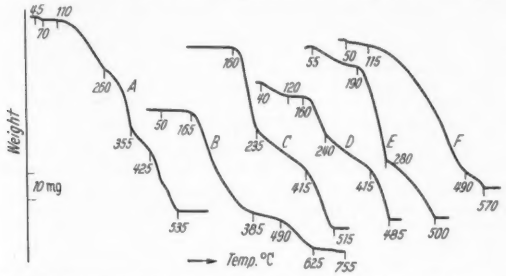

Fig. 1. Thermograms of antibiotics. *A* Sulfocidin, *B* Sodium Penicillin G, *C* Chloromycetin, *D* Polymixin B sulfate, *E* Viomycin sulfate, *F* Pulvomycin

from 60 to 80 mg. and were run in duplicate with a resulting agreement to each other of about 2%. The thermograms of the antibiotics are given in Fig. 1.

Sulfocidin (Curve A). This antibiotic began to lose weight at 45°, resulting in a horizontal weight level from 70 to 110°. This first weight loss probably corresponds to the loss of adsorbed water. Beyond 110°, the compound decomposed rapidly, giving breaks in the curve at 260 and 355°. At 535°, the curve leveled off, leaving a residue corresponding to about 5% of the initial sample.

Sodium penicillin G (Curve B). The sample began to lose weight very slowly above 50°. However, above 165°, the compound began to decompose very rapidly, giving a break in the curve at 385°. Above 490°, further rapid decomposition took place, resulting in the Na_2CO_3 level at 755°. It is rather interesting that the curve revealed a considerable weight loss before reaching the reported melting point of 215°.

Chloromycetin (Curve C). The first weight loss began at 160°; just a little above the reported melting point of 149·7 to 150·7°. The weight loss was very rapid at first, but above 235° it became somewhat slower. A small amount (about 4%) of carbonaceous material remained in the thermobalance pan at 515°.

Polymixin B sulfate (Curve D). This antibiotic, a basic polypeptide, began to lose weight at 40°. The first weight loss was quite slow, resulting in a horizontal weight level from 120 to 160°. The composition of this weight level is unknown. Beyond 160°, the rate of weight loss became fairly rapid, resulting in a weight level at 485°. This weight level contained carbonaceous material corresponding to about 6% of the initial sample weight.

Viomycin sulfate (Curve E). This antibiotic, also a polypeptide, began to lose weight at 55°. As in the case of polymixin, this first weight loss was quite gradual. Above 190°, the sample decomposed rapidly, resulting in an empty thermobalance pan at 500°. As revealed by the thermogram, there was considerable weight loss before the melting point of 252° was attained.

Pulvomycin (Curve F). The thermogram for this antibiotic showed a smooth, continuous weight loss from 50 to 490°. The thermobalance pan was empty at 570°.

Department of Chemistry and Chemical Engineering, Texas. Technological College, Lubbock, Tex., and the J. T. Baker Chem. Co., Phillipsburg, N. J. (U.S.A.)

Wesley W. Wendlandt and Morris Zief

Eingegangen am 30. Juni 1958

[1]) Wendlandt, W. W., and M. Zief: Nature [London] **181**, 1207 (1958). — [2]) Wendlandt, W. W.: Anal. Chem. **30**, 56 (1958).

Die immunologischen Eigenschaften der Phosphoglukomutase

Es wurde von uns untersucht, ob — ähnlich den Phosphorylasen[1]),[2]) — immunologische Unterschiede zwischen den Phosphoglukomutasen der Gewebe von ein und denselben Tieren und verschiedenen Spezies bestehen. Phosphoglukomutase katalysiert die Verwandlung G-1-P⇌G-6-P und spielt in dem Stoffwechsel des Glykogens eine große Rolle, besonders in der Synthese von Glykogen. Es schien also wichtig, zu untersuchen, ob immunologische Unterschiede und eventuell damit zusammenhängende physiologische Abweichungen zwischen den Phosphoglukomutasen der einzelnen Gewebe und Spezies bestehen.

Drei Kaninchen wurden mit einem aus Hahnbrustmuskel extrahierten und in großem Maße gereinigten Phosphoglukomutase-Präparat immunisiert. Für die Präparation und Reinigung der Hahnmutase wurde die für Kaninchenmuskel ausgearbeitete Methode von Najjar[3]) verwendet. Die Kaninchen bekamen insgesamt 16 mg Phosphoglukomutaseprotein i. v. und i. m. Die Tiere wurden am 30. Tag verblutet, und das gewonnene Serum wurde auf 56° C 30 min lang inaktiviert.

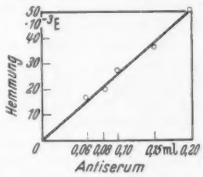

Fig. 1. Wirkung von Antiserum auf die Phosphoglukomutasehemmung des Hahnmuskelextraktes. Inaktivierung in Phosphoglukomutase-Einheiten (Ordinate) in Abhängigkeit von der Menge des zugesetzten Antiserums (Abszisse). 0,3 ml Enzymlösung (= $75 \cdot 10^{-3}$ E) + Antiserum + physiologische NaCl-Lösung (bis 0,5 ml), Inkubierung 2 min bei 30° C, Aktivitätsmessung nach [3])

Die Hemmwirkung der Sera gegen die Phosphoglukomutase wurde so untersucht, daß die Sera mit verdünntem Muskelextrakt 2 min lang inkubiert wurden. Dann wurde G-1-P zur Mischung gegeben und die Phosphoglukomutase-Aktivität nach Najjar[3]) festgestellt. Die Sera der drei behandelten Kaninchen zeigten eine bedeutende Hemmung auf die Phosphoglukomutase-Aktivität des Hahnmuskelextrakts. Die Hemmung tritt auf ohne Beseitigung des Niederschlags nach der Inkubation. Die Veränderung der Enzymmenge beeinflußt die Hemmwirkung der Antisera nicht wesentlich. Dagegen stieg das Maß der Hemmung proportional mit der Vergrößerung der Antiserummenge (Fig. 1).

Über die Spezifität der Phosphoglukomutasen finden wir, daß das Muskelphosphoglukomutase-Antiserum eine starke Hemmwirkung nicht nur auf die Aktivität des Muskels, sondern auch auf die des Herzens und der Leber ausübt. Also im Gegensatz zu der Phosphorylase hat die Phosphoglukomutase keine Organspezifität, sondern besitzt eine Funktionsspezifität. Die Hemmwirkung des Hahnphosphoglukomutase-Antiserums wurde auch an den Gewebeextrakten von anderen Vögeln, von Säugetieren und vom Frosch untersucht. Tabelle 1 zeigt, daß das Hahnmuskelphosphoglukomutase-Antiserum auch die Mutaseaktivität des Muskels und der Leber von anderem Geflügel hemmt.

Dagegen wurde die Muskel- und Lebermutase-Aktivität der Säugetiere und des Frosches dadurch nicht gehemmt. Die Hahnmutase ist also ein funktionsspezifisches Antigen, welches keine ausgeprägte Artspezifität, aber eine auffallende Geflügelspezifität (= Klassen-Spezifität) besitzt.

Auch ein aus Hundmuskeln extrahiertes Präparat wurde bei der Immunisierung der Kaninchen versuchsweise verwen-

Tabelle 1. *Spezifität des Hahnmuskelphosphoglukomutase-Antiserums*

[0,3 ml Gewebeextrakt + 0,2 ml Antiserum bzw. Kontrollserum. Inkubierung 2 min bei 30° C, dann Aktivitätsmessung nach [3]). Angabe der Hemmung (Hg.) in %.]

Extrakt	Hg.	Extrakt	Hg.	Extrakt	Hg.
Hahnmuskel	100	Entenmuskel	100	Hundemuskel	0
Hahnherz. .	200*)	Entenleber. .	100	Rattenmuskel	1,5
Hahnleber .	180*)	Taubenmuskel	100	Froschmuskel	0
				Froschleber .	0

*) 0,2 ml Antiserum inaktiviert im Herzextrakt zweimal, im Leberextrakt 1,8mal soviel Mutaseeinheiten wie im Muskelextrakt.

det. Es gelang, ein Antiserum zu gewinnen, das die Hundmuskelphosphoglukomutase-Aktivität hemmte. Die Spezifität-Untersuchungen mit dem Hundmuskelmutase-Antiserum werden von uns später publiziert.

Pathophysiologisches Institut (Direktor: Prof. Dr. L. Kesztyüs) *der Medizinischen Universität, Debrecen, Ungarn*

Georg Bot und Imre Rédai

Eingegangen am 23. Juni 1958

[1]) Henion, W. F., u. E. W. Sutherland: J. of Biol. Chem. **224**, 477 (1957). — [2]) Jókay, I., G. Bot u. T. Szilágyi: Acta Phys. Hung. (im Druck). — [3]) Najjar, W. A.: J. of Biol. Chem. **175**, 281 (1948).

Morphologische und histochemische Veränderungen im reticuloendothelialen System (RES) nach Verabreichung von Hyaluronsäure

Über die Wirkungen aus bestimmten Geweben extrahierter[1]) Hyaluronsäure auf den Organismus ist bisher nur wenig bekannt[2]). Besonders in Hinblick auf die mutmaßliche Beeinflussung des RES erschien uns ein weiteres Studium dieser Frage geboten.

Wir benutzten dazu eine aus dem Glaskörper von Schweinen gewonnene, proteinfreie wäßrige Lösung von Na-Hyaluronat (p_H 7,0; Viskosität 7,0—9,5). Davon erhielten 40 Ratten und 10 Meerschweinchen täglich 5 mg intramuskulär oder intraperitoneal. Die qualitative Bestimmung des Präparates erfolgte chromatographisch[3]), die quantitative turbidimetrisch[4]). Nach 2, 3, 4, 6, 8, 10, 15 und 25 Tagen wurden Leber, Milz, Lymphknoten, Niere, Herz und Lunge der Tiere an Hand verschiedener histochemischer Methoden, in erster Linie der Perjodsäure-Schiff-Reaktion (PJS), mit den Organen unbehandelter Kontrolltiere verglichen.

In der Leber ist die normale Läppchenstruktur stets erhalten. Die Sinusoide sind mit hyperplastischen v. Kupfferschen Sternzellen ausgekleidet. In einigen Fällen finden sich am 10. Behandlungstag im Bereich der Sinusoide knötchenförmige Wucherungen aus jugendlichen, mit Mucopolysaccharidhaltigen Körnchen angefüllten histioiden Zellen.

Entsprechende Bilder zeigen auch die lymphoreticulären Organe: In der Milz sieht man eine Hyperplasie der weißen Pulpa mit absoluter und relativer Vermehrung der histiocytären Elemente, deren Plasma reichlich Schiff-positive Granula enthält. In den gleich den Follikelzentren stark verbreiterten perifollikulären Zonen erscheinen unter anderem massenhaft Plasmazellen, deren entscheidende Bedeutung für die Antikörperbildung ja nunmehr feststeht[5]). In der roten Pulpa finden sich besonders subkapsulär zahlreiche Megakaryocyten mit PJS-positivem Plasma. Die Monopoese ist gesteigert. Die Retikulumzellen erscheinen vergrößert, die Sinusendothelien gleichen streckenweise v. Kupfferschen Sternzellen. Das Ganze erinnert morphologisch an die Befunde bei mit Zwischenhirn-Lipoidextrakt behandelten Tieren[6]). — Auch die Rindenfollikel der Lymphknoten sind hyperplastisch. Ihre verbreiterten Zentren bestehen vorwiegend aus histiocytären und epitheloiden Zellen. Wie in der Milz schreiten auch hier die geweblichen Veränderungen mit zunehmender Versuchsdauer weiter fort. Die vergrößerten Endothelzellen der Lymphsinus reihen sich perlschnurartig auf und können schließlich die Sinuslichtung völlig ausfüllen.

In der Niere beobachtet man eine Verstärkung und Ausbreitung der PJS-positiven Reaktion, die nach früheren Untersuchungen auf einer Vermehrung der Hexosamine oder anderer Abbauprodukte der Mucopolysaccharide beruht. Pathologische Erscheinungen treten dabei nicht auf. Herz und Lunge der Versuchstiere sind bis auf eine mäßige Erhöhung der normalen Histiocytenzahlen unverändert.

Unsere Untersuchungen zeigen, daß die Verabreichung von Hyaluronsäure offensichtlich eine aktivierende Wirkung auf das RES ausübt. Die Hyaluronsäure spielt demnach nicht nur beim Aufbau des Bindegewebes eine wichtige Rolle[6]), sondern beeinflußt auch das den parenteralen Verdauungsprozessen und Abwehrreaktionen des Organismus zugrunde liegende aktive Mesenchym.

Anatomisches Institut der Universität zu Köln und Istituto Aesculapius di Biologia Sperimentale, Milano

Friedrich Tischendorf und Sergio B. Curri

Eingegangen am 18. Juli 1958

[1]) Meyer, K., u. J. N. Palmer: Biol. Chem. **114**, 689 (1936). — [2]) Tinacci, F., u. C. Benassi: Arch. Sci. Biol. **37**, 114 (1953). — [3]) Kent, P. H., G. Lawson u. A. Senior: Science **113**, 354 (1951). — Buch, M. L., R. Montgomery u. W. L. Porter: Analyt. Chem. **24**, 489 (1952). — [4]) Dorfman, A., u. M. K. Ott: J. of Biol. Chem. **172**, 367 (1948). — Pearce, R. H.: Biochemic. J. **55**, 473 (1953). — [5]) Ehrich, W. E.: Verh. Ges. dtsch. Naturforscher Ärzte **98**, 69 (1955). — [6]) Tischendorf, F.: Naturwiss. **10**, 310 (1957). — Riv. Anat. Pat. **13**, 128 (1957). — [7]) Curri, S. B.: Boll. Soc. ital. Biol. sper. **1958** (im Druck).

Vorkommen, Verteilung und quantitative Veränderung des β-Inhibitors in den einzelnen Organen der Bohnenpflanze

Die Untersuchungen von Bennet-Clark und Kefford[1]) haben im Jahre 1953 die Aufmerksamkeit auf einen β-Inhibitor genannten ätherlöslichen wachstumhemmenden Stoff sauren Charakters gelenkt, der seither auch von anderen Autoren[2–6]) auf den Chromatogrammen verschieden alter und in verschiedenem Zustande befindlicher Organe anderer Pflanzenarten beobachtet worden ist. Da die bisherigen Angaben bezüglich des β-Inhibitors sein allgemeines Vorkommen in der Pflanzenwelt vermuten lassen, schien es wünschenswert, die Anwesenheit, Verteilung und quantitative Veränderung dieses Hemmstoffes bzw. Hemmstoffkomplexes innerhalb einer Pflanze bzw. in deren verschiedenen Organen während der verschiedenen Entwicklungsstadien zu bestimmen.

Wir haben deshalb die Anwesenheit und die relative Menge des Inhibitorenkomplexes in den einzelnen Organen des „Goldregens" (*Phasaeolus vulgaris* L.) während der morphologisch gut charakterisierbaren Zeitpunkte der Ontogenese papierchromatographisch und mit dem Avena-Koleoptylsektionen-Test bestimmt. Die sauren Fraktionen der ätherischen Extrakte wurden auf Sch. & Sch. 2043b-Papier mit einem Isopropanol-Ammoniak-Wasser-Solvens (10:1:1) chromatographiert, indem auf jeden Startpunkt eine 1 g Trockensubstanz entsprechende Extraktmenge aufgeträufelt wurde.

Den erhaltenen Daten zufolge entfaltet das Eluat des β-Inhibitors (R_f 0,55 bis 0,80) sämtlicher ganz junger Organe — mit Ausnahme des Hypokotyls und der Laubblätter — eine stimulierende Wirkung (8 bis 16%). Diese initiale Stimulation geht aber mit fortschreitendem Alter bald in eine Hemmung über. In den vegetativen Organen erreichte die Hemmung ihr Maximum am 14. bis 29. Tage (15 bis 18%), um dann allmählich nachzulassen; im Falle älterer Hypokotyle ist sogar eine gewisse Stimulation festzustellen. In der β-Inhibitorenzone der Fruchtansätze folgt der anfänglichen Stimulation später ebenfalls eine Hemmung, die während des Reifens der Frucht stetig zunimmt. Im Laufe unserer Versuche haben wir die hochgradigste Hemmung in den vor dem Austrocknen befindlichen Hülsen beobachtet (24%). Da unseres Erachtens der Hemmungsgrad der Konzentration des Inhibitorenkomplexes proportional ist, liegt der Gedanke nahe, daß ein Teil des Hemmstoffes während der Fuchtreife aus den vegetativen Organen in die Hülsen wandert.

Auf den Chromatogrammen sämtlicher Organe wurde in allen untersuchten Zuständen bei R_f 0,6 bis 0,7 ein violett fluoreszierender, mit $FeCl_3$ eine violette Farbenreaktion gebender Fleck (vermutlich Salicylsäure) erhalten, der sich im biologischen Test als am aktivsten erwies. Oft fanden wir daneben auch noch andere, in anderen Farben fluoreszierende Flecken auf dem kritischen Gebiet, d.h., die β-Inhibitorenzone der einzelnen Organe der Bohnenpflanze enthält im allgemeinen mehrere aktive Substanzen. Es scheint, daß die Zusammensetzung des Inhibitorenkomplexes und das quantitative Verhältnis seiner Komponenten auch in Abhängigkeit von den verschiedenen Zuständen des Lebensalters wechselt. Eine Stütze erhält diese Hypothese durch den Umstand, daß die Größe des Fleckes und die Intensität der Fluoreszenz in Übereinstimmung mit den obigen Versuchsdaten wechselt.

Um entscheiden zu können, ob der Wechsel von Stimulation und Hemmung durch verschiedene Konzentrationen ein und desselben Stoffes oder aber durch eine Veränderung des Verhältnisses der einzelnen Komponenten zustandekommt bzw. welche physiologische Rolle der Hemmungskomplex innehat, sind weitere Untersuchungen nötig.

Eine ausführliche Schilderung der Ergebnisse erfolgt an anderer Stelle.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität, Szeged, Ungarn

M. VARGA und E. KÖVES

Eingegangen am 19. Juli 1958

[1]) BENNET-CLARK, T. A., u. N. P. KEFFORD: Nature [London] **171**, 645 (1953). — [2]) KEFFORD, N. P.: J. Exp. Bot. **6**, 129, 245 (1955). — [3]) BLOMMAERT, K. L. J.: Nature [London] **174**, 970 (1954). — Sci. Bull. **368**, 1 (1955). — [4]) AUDUS, L. J., u. R. THRESH: Ann. Bot. **20**, 339 (1956). — [5]) VARGA, M. B., u. L. FERENCZY: Nature [London] **178**, 1075 (1956); Naturwiss. **44**, 398 (1957). — [6]) KÖVES, E.: Acta Biol. Szeged. **3**, 179 (1957).

Catecholamine and Baroreceptors (Cardioaortic)

The role of the vagi and carotid sinus nerves (buffer nerves) in modifying the vascular reflexes which influence the blood pressure is a subject of renewed interest today[1a]),[2]). But very little is known yet regarding the extent of modifying influence of baroreceptors on the action of drugs and chemical agents which affect the homeostatis of blood pressure, by acting centrally or peripherally. So we have undertaken investigations in our laboratory to elucidate this problem. In urethane anaesthetised cats, adrenaline in doses of 0·05 to 0·2 ml ($^1/_{1000}$) has been injected intravenously and the following observations have been made.

In presence of these buffer nerves, adrenaline acts both on the heart and peripheral blood vessels. The rise in blood pressure is slow and the extent of such rise is 40 to 100% above the basal level (60 to 110 mm Hg). After the maximum rise, the pressure level is maintained for a varying period of time (9 to 30 seconds), when fluctuations in the amplitude of the pulse tracings are obtained. During this period the effect of adrenaline on the heart is evident as studied from the amplitude of pulses; then the blood pressure returns quickly to the original level.

In absence of buffer nerves, the line of rise in blood pressure is very steep. The percentage rise in blood pressure is more than 200% above the original basal level when it varies between 50 to 100 mm Hg. After the maximum rise, the pressure is not maintained; it starts falling immediately but extremely slowly and it takes a few minutes (even 5 minutes to come down to the normal basal level). The pulses throughout the tracing in such condition are conspicuously smaller than the pulses observed before the administration of the drug. Even in some experiments these pulses of reduced size are maintained for another minute or two.

On repeated administration of the drug, the return to the same basal level of blood pressure is obtained only when the buffer nerves are intact. In absence of the buffer nerves, the basal level of blood pressure is gradually lowered when the drug is repeatedly administered. In spinal preparations, usually the findings have been those of non-spinals where the buffer nerves are not functioning. Similar observations have also been recorded in the studies on viscero-vascular reflexes[1b]).

Further experiments are being continued to study in detail the changes in respiration, effects of atropine, and splenectomy on this reciprocal relationship of the baroreceptors and blood pressure influencing drugs. From the present observations it is evident that the buffer nerves modify or influence the vasopressor responses of adrenaline as well as the site and mechanism of action. Using noradrenaline such changes are seen to a less degree. These investigations indicate that when the baroreceptors are not functioning properly, adrenaline injected intravenously is ineffective to stimulate the cardiac musculature and therefore, direct intracardiac injection is more rational.

Department of Experimental Medical Sciences, Institute of Post-Graduate Medical Education & Research, Calcutta, and Department of Physiology, College of Science & Technology, University of Calcutta, Calcutta-20

S. R. MUKHERJEE, B. N. KOLEY and J. MITRA

Eingegangen am 16. Juli 1958

[1]) MUKHERJEE, S. R.: J. Physiol. **138**, a) 307, b) 300 (1957). — [2]) MUKHERJEE, S. R., A. K. MAITI and K. BASU: Ind. J. Physiol. **12**, No. 3 (in Press).

Effects of Hypothermia on the Vascular Response Induced by Occlusion of the Common Carotids

The technique of hypothermia is in use as an experimental tool for reinvestigating different physiological phenomena of life, to explain findings or suggestions reported previously in homoitherms and poikilotherms respectively. From our laboratories, it has recently been reported[1]) that in hypothermic condition, the homeostatic mechanism of circulation can be deranged considerably even sometimes leading to death of the animals. In these investigations, the previously reported and accepted set up of experimental conditions has been used in prehypothermic, hypothermic and rewarming stages so that the individual results obtained in homoitherms and poikilotherms may be studied together[1–4]).

The circulating blood volume, the plasma volume, the haematocrit and the peripheral circulation have also been studied with the use of I^{131} HSA in homoithermic and low body temperature preparations[5]). Nature of changes observed is indicative of a regional redistribution of blood in hypothermic states. Naked eye observations in portal bed reported[5]) substantiate this. Several workers have reported about the diminished sensitivity of the peripheral nerve fibres[6]) and those of carotid sinus region[7]) in hypothermia. The role of these sinus nerves in the homeostasis of blood pressure and circulation in homoitherms is well known. But no definite evidence is yet available regarding the effect of stimulation of these nerves in hypothermic condition.

In our laboratory, we have observed the effects of occlusion of the common carotids and external carotids (and thus indirect stimulation of the sinus nerves) on the blood pressure in prehypothermic and rewarming stages. Both blood stream cooling and surface cooling as reported[2]),[4]) have been used.

Cats anaesthetised with Nembutal or Urethane have been used. The observations on the changes in blood pressure consistently found are noted below:

In prehypothermic state, the occlusion of the common carotids is followed by a steep rise in blood pressure which is maintained till the release of the occlusion, and is usually about 34 mm Hg to 29 mm Hg above the basal level, when the latter is between 105 to 76 mm Hg. The blood pressure returns quickly to normal level when the carotids are opened up.

In hypothermic state (body temperature 29—30° C), the rise in blood pressure following carotid occlusion is slow and gradual and was of less extent than that of prehypothermic state. The rise in blood pressure is usually about 18 to 2 mm Hg above the basal level, when the latter varies between 98 to 62 mm Hg. Following the release of carotids, the blood pressure returns slowly to the basal level. — In rewarming stage, the rise in blood pressure after the occlusion of the common carotids, does not always return to the same as observed in the prehypothermic stage (except in the pattern).

In comparing the results of occlusion of the carotids before and after clamping of the Arterio-Venous shunt (used for the blood stream cooling), it has been found that low peripheral resistance maintained by A-V-shunt makes this vasopressor response sluggish. Different anaesthetics, modify these vaso-pressor responses in the low body temperature (29—30° C). Nembutal has been found more satisfactory.

Department of Experimental Medical Sciences, Institute of Post-Graduate Medical Education & Research, Calcutta, and Department of Physiology, College of Science & Technology, University of Calcutta, Calcutta-20

S. R. MUKHERJEE and P. K. DEY

Eingegangen am 16. Juli 1958

[1]) MUKHERJEE, S. R., P. K. DEY, R. SINHA, and B. N. KOLEY: Ind. J. Physiol. **12**, 25 (1958). — [2]) MUKHERJEE, S. R., B. ROY, P. K. DEY, A. ROY, A. K. MAITI, S. R. MOITRA, N. N. DAS and B. B. SARKAR: Ind. J. Physiol. **11**, 49 (1957). — [3]) SEN, P. B., P. K. DEY, A. ROY, M. K. ROYCHOUDHURY, N. N. DAS, B. B. SARKAR, S. R. MOITRA and S. R. MUKHERJEE: Ind. J. Physiol. **11**, 13 (1957). — [4]) MUKHERJEE, S. R., S. R. MOITRA, P. K. DEY, A. ROY, A. K. MAITI, M. K. ROYCHOWDHURY, A. CHOWDHURY, P. B. SEN, N. N. DAS and B. B. SARKAR: Ind. J. Physiol. **10**, 185 (1956). — [5]) MUKHERJEE, S. R., B. ROY, H. K. SEN, A. ROY P. K. DEY, S. K. BANERJEE and S. K. MAITI: J. Exp Med. Sci. **1**, 47 (1957). — [6]) STAPEL, S.: Arch. Int. Physiol. **61**, 330 (1953). — [7]) NASHAT, F. S., and E. NEIL: J. Physiology **127**, 59 P (1955).

5-Hydroxytryptamin und Acetylcholin als Wirkungsantagonisten beim Helix-Herzen

Zahlreiche Untersuchungen ergaben, daß die neurohormonale Koordinierung physiologischer Prozesse im Tierreich weit verbreitet und von allgemeiner Bedeutung ist[1a),1b)]. In Hinsicht auf die Tätigkeit des Molluskenherzens ist von GERSCH[1c)] für Aplysia und von WELSH[2a),2b)] für verschiedene Prosobranchier eine neurohormonale Steuerung nachgewiesen worden. Es war also zu untersuchen, ob auch bei Pulmonaten ein derartiger Steuerungsmechanismus vorliegt.

Die Versuche wurden am isolierten Helix-Herzen durchgeführt, das nach der Straubschen Methode mit einer Kanüle verbunden und in einer feuchten Kammer untergebracht war.

Fig. 1. Die Wirkung von alkoholischem Unterschlundganglien-Extrakt auf das Helix-Herz; Ri = Ringer-Wechsel

Alkoholische und gereinigte (enteiweißte) wäßrige Extrakte aus Unterschlundganglien, Oberschlundganglien, dem Nervus intestinalis und dem Herzen haben eine im Prinzip gleiche Wirkung auf das Helix-Herz: durch Ringer-Spülungen stillgelegte Herzen nehmen ihre Tätigkeit wieder auf, die Kontraktionen schlagender Herzen werden beträchtlich verstärkt und beschleunigt (Fig. 1). Positiv inotropen und chronotropen

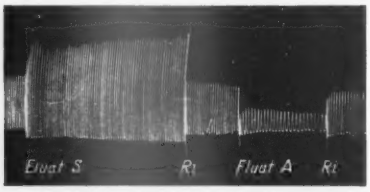

Fig. 2 Die beiden wirksamen Komponenten der Extrakte: 5-Hydroxytryptamin (Eluat S) und Acetylcholin (Eluat A), eluiert aus Unterschlundganglien-Extrakt; Ri = Ringer-Wechsel

Effekt zeigen, zum Teil in wesentlich geringerem Maße, auch Extrakte aus Lunge, Fußmuskel, Niere und Mitteldarmdrüse.

Aus den alkoholischen Nerven- und Herzextrakten ließen sich papierchromatographisch zwei wirksame Substanzen eluieren. Die eine Substanz vermindert die Frequenz und die Amplitude des Helix-Herzens (Fig. 2, Eluat A). Ihr R_f-Wert stimmt in fünf verschiedenen Lösungsmitteln mit dem R_f-Wert des Acetylcholins überein. Sie ist demnach mit Acetylcholin identisch. Die andere Substanz steigert die Amplitude und die Frequenz (Fig. 2, Eluat S). Ihr R_f-Wert stimmt in vier verschiedenen Lösungsmitteln mit dem R_f-Wert des 5-Hydroxytryptamins überein. Die Substanz zeigt außerdem im elektrischen Feld das gleiche Verhalten wie 5-Hydroxytryptamin. Sie ist demnach mit Hydroxytryptamin (Serotonin) identisch. Beide Substanzen lassen sich mit den gleichen Methoden auch in den Extrakten aus Lunge, Fußmuskel, Niere und Mitteldarmdrüse nachweisen.

Es ist anzunehmen, daß bei Helix eine neurohormonale Steuerung der Herztätigkeit vorliegt, die durch die zwei antagonistisch wirkenden Substanzen, 5-Hydroxytryptamin und Acetylcholin, über den Herznerv erfolgt. Mehrstündige biologische Untersuchungen des Helix-Herzens sprechen in Verbindung mit der papierchromatographischen Analyse der Herzextrakte andererseits dafür, daß der beträchtliche Vorrat des Herzmuskels an 5-Hydroxytryptamin und Acetylcholin auch die automatische, vom Nervensystem weitgehend unabhängige Tätigkeit des Organs gewährleistet. Der Nachweis der zwei unterschiedlich wirkenden Substanzen bietet schließlich eine Erklärung dafür, weshalb die von JULLIEN u. Mitarb.[3)] nachgewiesene „acetylcholinartige Substanz, die vom Nervensystem und vom Helix-Herzen gebildet bzw. abgegeben wird", bisher nicht mit Sicherheit identifiziert werden konnte.

Die Ergebnisse werden an anderer Stelle ausführlich dargestellt.

Zoologisches Institut der Friedrich-Schiller-Universität, Jena
K. MENG

Eingegangen am 16. Juli 1958

[1)] GERSCH, M.: a) Forsch. u. Fortschr. **31**, 9 (1957). — b) Naturwiss. **44**, 525 (1957). — c) Verh. dtsch. zool. Ges. (im Druck). — [2)] WELSH, J.H.: a) Fed. Proc. **13**, 162 (1954). — b) J. Marine Biol. Assoc. United Kingdom **35**, 193 (1956). — [3)] JULLIEN, A., u. Mitarb.: C. R. Soc. Biol. [Paris] **149**, 722, 964 (1955); **150**, 190, 192 (1956). — Ann. sci. Univ. Besançon, Zool. et Physiol. **1**, 35 (1954); **5**, 67 (1956).

Untersuchungen über den Einfluß einer Wuchsstoffbehandlung von Tomatenpflanzen auf den ernährungsphysiologischen Wert der Früchte

Wirkung auf das Wachstum von Albinoratten

Seit einigen Jahren werden beim Marktanbau von Tomaten Wuchsstoffpräparate verwandt. Sie beschleunigen die Fruchtreife und steigern Fruchtansatz und Ertrag. Verbunden mit diesen günstigen, für den Gärtner erwünschten Wirkungen sind morphologisch-anatomische Veränderungen der Frucht (Parthenocarpie, Grünbleiben der Fruchtgallerte und Spitzenbildung am einstigen Blütenansatz)[1)], die der Marktqualität abträglich sind. Es erschien wünschenswert, zu prüfen, ob die genannten morphologischen und physiologischen Veränderungen der Pflanze auch zu Veränderungen des ernährungsphysiologischen Wertes der Früchte führen.

Es wurden Tomaten der Sorte „Rheinlands Ruhm" in zwei getrennten Abteilen eines Gewächshauses angepflanzt und in der einen Hälfte des Hauses — genau nach den Vorschriften des Herstellers — mit „Tomafix" behandelt. Um bei dem Sprühen der Blüten nicht auch andere

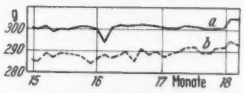

Fig. 1. Gewichtskurven der beiden Tiergruppen „Behandelt" (*a*) und „Unbehandelt" (*b*) im zweiten Versuchsabschnitt

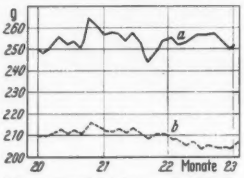

Fig. 2. Gewichtskurve der Nachkommen von Versuchs- und Kontrollgruppe. *a* unbehandelt; *b* behandelt

Pflanzenteile zu benetzen, wurde eine Abschirmung vorgenommen[2)]. Zwei Gruppen von je 6 Albinoratten von 210 bis 220 g erhielten zusätzlich zu dem normalen Grundfutter[*)] 30 ml Tomatenpreßsaft von behandelten und von unbehandelten Pflanzen, und zwar während zweier Versuchsabschnitte (21. 9. 53 bis 9. 3. 54 und 19. 8. 54 bis 10. 2. 55). Die Tomaten wurden bei — 17° C eingefroren. Die täglich erforderliche Menge an Saft wurde jeweils frisch abgepreßt.

Tabelle 1. *Organgewichte der Nachkommen*

Organ	Kontrollgruppe (unbehandelt)			Versuchsgruppe (behandelt)			
	$M^{a)}$	m	V %	$M^{a)}$	m	V %	$t^{b)}$
Leber .	4,98	± 0,411	8,25	8,35	± 0,458	5,49	5,43
Lunge .	3,19	± 0,577	18,10	3,57	± 0,391	10,95	0,54
Herz							
Milz . .	0,28	± 0,045	15,25	0,53	± 0,006	1,51	4,82
Nieren .	1,19	± 0,122	10,25	1,36	± 0,107	7,86	1,05

a) Gewicht in g/100 g Körpergewicht. b) t für Abweichung von der Kontrolle.

Während im ersten orientierenden Versuchsabschnitt noch keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen erkennbar waren, lag im zweiten Abschnitt die Gewichtskurve der Gruppe „behandelt" schlechter als jene der Gruppe „unbehandelt" (Fig. 1).

Deutlicher wurde der Unterschied zwischen den beiden Gruppen bei den Nachkommen dieser Versuchstiere, obwohl diese selbst keine Zusätze von Tomatenpreßsaft zum Futter erhielten (Fig. 2).

Im Alter von 23 Monaten wurden diese Nachkommen mit Chloroform getötet und die Organgewichte bestimmt (Tabelle 1). Das Gewicht von Leber und Milz der Versuchstiere ist gegenüber den Kontrolltieren erhöht, der Unterschied ist hoch-

signifikant ($P = 0{,}01$). Eine Wiederholung dieser Untersuchung mit einer größeren Anzahl von Versuchstieren lief bereits bei uns an.

Bundesanstalt für Qualitätsforschung pflanzlicher Erzeugnisse, Geisenheim i. Rhg. (Direktor: Prof. Dr. habil. W. SCHUPHAN)

WOLFRAM WEINMANN

Eingegangen am 15. Juli 1958

*) Fein gemahlene Mischung von 30% Gerste, 25% Mais, 15% Sonnenblumenkerne, 10% Weizen, 10% Garneelen und 10% Haferflocken. Es wurden 13,0 g dieser Mischung + 2,0 g Magermilchpulver je Tier und Tag verabreicht.

[1]) AUDUS, L. J.: Plant Growth Substances. London: Leonard Hill 1953. — [2]) SCHUPHAN, W.: Rhein. Mschr. 45, 114 (1957).

Weitere Untersuchungen zur immunologischen Charakterisierung des Agens der myeloischen Leukämie der Maus *)

In früheren Arbeiten berichteten wir über die Inaktivierung des Virus der myeloischen Leukämie der Maus durch ein Kaninchen-Antiserum. Die Inaktivierungswirkung dieses Serums äußerte sich dadurch, daß bei kombinierter Applikation an neugeborene Mäuse der leukämogene Effekt wirksamer Filtrate durch das Antiserum fast auf ein Zehntel des ursprünglichen Wertes herabgesetzt wurde[1–3]). Im weiteren Verlauf dieser immunologischen Versuche interessierten uns noch folgende Fragestellungen:

1. Ist eine Erzeugung von inaktivierenden Antikörpern des leukämogenen Agens auch homolog, d. h. bei der Maus möglich? — 2. Läßt sich der Mäuseorganismus gegen die pathogene Wirkung des leukämogenen Agens aktiv durch Vaccination immunisieren? — 3. Kann man mit einem heterologen, bei Kaninchen gewonnenen Antiserum eine therapeutische Wirkung erzielen? Wir verstehen darunter eine Verminderung der Leukämie-Quote durch eine Antiserumbehandlung, die erst mehrere Wochen nach der Filtratinjektion und zum Teil bei schon bestehender, hämatologisch nachweisbarer Leukämie einsetzt.

Methodik. Zur Gewinnung homologer Antikörper gegen das leukämogene Agens wurden die Mäuse folgenderweise immunisiert. Frisches G4-Filtrat aus leukämischen Lymphknotenhomogenisaten wurde im Verhältnis 1:2 mit Freundschem Adjuvant emulgiert. Mit dieser Emulsion wurden erwachsene ♂ und ♀-Mäuse dreimal in wöchentlichen Abständen mit je 0,25—0,5 ml subkutan vorbehandelt. Die Serumentnahme erfolgte 2—3 Wochen nach der letzten Immunisierung. Im Testversuch wurden 4 Teile dieses Serums mit einem Teil frischem Filtrat leukämischer Lymphknoten (1:25) in vitro gemischt und hiervon 0,2 ml neugeborenen Mäusen subkutan injiziert. Im Kontrollansatz wurde die entsprechende Filtratverdünnung an Stelle des Serums mit Ringerlösung vorgenommen.

Tabelle 1

		Überlebende Tiere	Leukämien
Homologe Immunisierung:			
Leuk.-Filtr. + Mäuse-Immunserum		58	25 = 43%
Leuk.-Filtr. + Ringerlösung (Kontr.)		56	35 = 62%
Vaccinationsversuche:			
Filtrat + Vaccine		73	38 = 52%
Filtrat (Kontrolle)		75	41 = 54%
Therapieversuche:	Behandlung:		
1—2 Monate nach Filtratinjektion	K.Antileuk.*)	85	46 = 54%
	K.Antinorm.*)	57	31 = 54%
	Unbeh. Kontr.	51	31 = 60%
3—7 Monate nach Filtratinjektion	K.Antileuk.*)	80	33 = 41%
	Unbeh. Kontr.	64	31 = 48%

*) K.Antileuk. = Kaninchen-Antileukämieserum; K.Antinorm. = Kaninchen-Antinormalgewebeserum.

Bei dem Versuch einer Vaccination von Mäusen gegen das leukämogene Agens wurde den Tieren, die als Neugeborene mit frischem Leukämiefiltrat behandelt worden waren, im Alter von 5 Wochen ein durch Formalinzusatz (0,1%) oder durch Einfrieren (> 4 Tage, — 16° C) abgeschwächtes Filtrat 6mal (0,1 ml pro Dosis) in 4—7tägigen Abständen appliziert.

Um die therapeutische Wirkung des Kaninchen-Immunserums festzustellen, wurden Mäuse, die im neugeborenen Zustand wirksames Leukämie-Filtrat erhalten hatten, insgesamt 6mal in 4—7tägigen Abständen mit je 0,3—0,5 ml Antiserum i.v., i.p. und i.m. behandelt. Der Beginn der Serumbehandlung variierte und setzte frühestens einen und spätestens 6—7 Monate nach der Filtratinjektion ein. Als Kontrollen dienten Tiere, die Immunseren gegen normales Mäusegewebe appliziert bekamen oder außer der Filtratinjektion völlig behandlungsfrei blieben. Die Resultate dieser 3 Versuchsansätze sind in der Tabelle 1 wiedergegeben. Sie lassen sich folgendermaßen kurz zusammenfassen:

1. Im Gegensatz zu dem heterologen Antiserum vom Kaninchen konnte für ein homologes Immunserum ein Inaktivierungseffekt auf das leukämogene Agens frischer Filtrate nicht sicher nachgewiesen werden. Eine schwache Wirksamkeit äußerte sich möglicherweise in der verzögerten Ausbildung der Leukämien zwischen dem 2. und 5. Monat im Vergleich zu den Kontrollen.

2. Eine Schutzwirkung gegenüber dem im neugeborenen Zustand applizierten Agens konnte durch eine Vaccination mit abgeschwächtem Filtrat im jugendlichen Zustand nicht erzielt werden.

3. Während bei simultaner Applikation ein Kaninchen-Antiserum den leukämogenen Effekt wirksamer Filtrate weitgehend aufhebt, konnte durch eine spätere Behandlung der Tiere mit Kaninchen-Antiserum, die frühestens einen Monat nach der Filtratapplikation einsetzte, ein prophylaktischer oder therapeutischer Effekt bis jetzt nicht erzielt werden.

Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Institut für Medizin und Biologie, Berlin-Buch, Abteilung für biologische Krebsforschung

A. GRAFFI, F. FEY und F. HOFFMANN

Eingegangen am 5. Juli 1958

*) 18. Mitteilung.

[1]) GRAFFI, A., u. F. FEY: Naturwiss. 42, 652 (1955). — [2]) FEY, F.: Diss. Jena 1956. — [3]) GRAFFI, A., F. FEY, F. HOFFMANN u. W. KRISCHKE: Klin. Wschr. 1957, 465.

Beeinflussung der myeloischen Filtratleukämien der Maus durch Splenektomie *)

Aus unseren Untersuchungen über die Histogenese der nach Injektion zellfreier Filtrate entstehenden myeloischen Leukämien ergab sich eine zentrale Stellung der Milz bei der Leukämogenese[1]). Ein Einfluß der Milz auf die Wirksamkeit des leukämogenen Agens war auch auf Grund vielfacher Beobachtungen zu erwarten, nach denen in diesem Organ gegen das Tumorwachstum gerichtete Abwehrreaktionen stattfinden sollen[2]),[3]). Diese Tatsachen veranlaßten uns, die Abhängigkeit der leukämogenen Wirkung zellfreier Filtrate des Tumors Sa I sowie leukämischer Lymphknoten von der Splenektomie zu untersuchen, die in unterschiedlicher zeitlicher Relation zur Filtratinjektion erfolgte.

Methodik. Die Splenektomie, die an neugeborenen Mäusen und an 1 und 2 Monate alten Tieren vorgenommen wurde, ist in folgender Weise durchgeführt worden. Bei den Neugeborenen wurde der linke Oberbauchraum durch einen dorso-lateralen Einschnitt eröffnet und die Milz durch einen Scherenschnitt ohne Unterbindung der versorgenden Gefäße abgetrennt. Der Wundverschluß wurde durch eine einfache Hautnaht bewirkt. Die Mortalität lag um 20%. Bei den älteren Tieren erfolgte die Milzexstirpation durch ventrale Eröffnung des Bauches mit Unterbindung der Milzgefäße und zusätzlicher Peritonealnaht. Die in üblicher Weise hergestellten zellfreien G 4-Filtrate mit leukämogener Wirkung wurden aus dem Tumor Sa I und aus leukämischen Lymphknoten gewonnen und den Tieren subkutan in Dosen zu je 0,2 ml (Aufarbeitung 1:10) verabfolgt. Die Versuche wurden mit dem Agnes-Bluhm-Inzuchtstamm durchgeführt. Folgende zeitliche Relationen zwischen Milzexstirpation und Filtratinjektion fanden Berücksichtigung: 1. Milzexstirpation im neugeborenen Zustand 3 Tage vor Filtratinjektion. — 2. Milzexstirpation 1—5 Tage nach der Filtratinjektion, die unmittelbar nach der Geburt erfolgte. — 3. Milzexstirpation 1 Monat nach der im neugeborenen Zustand erfolgten Filtratinjektion. — 4. Milzexstirpation 2 Monate nach der im neugeborenen Zustand erfolgten Filtratinjektion.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt. Aus den durchgeführten Versuchen ergibt sich, daß die im neugeborenen Zustand vorgenommene Milzexstirpation sowohl vor der Filtratinjektion als auch wenige Tage nach der Applikation des leukämogenen Filtrates eine starke Hemmung der

Tabelle 1. *Ergebnisse der Splenektomie*

Splenektomie		Überlebende Tiere	Leukämien
a) vor Filtratinjektion	Vt.*)	24	2 = 8 %
	K.	23	17 = 74 %
b) 1—5 Tage nach Filtratinjektion	Vt.	20	3 = 15 %
	K.**)	13	9 = 70 %
c) 1 Monat nach Filtratinjektion	Vt.	13	8 = 61 %
	K.	26	15 = 58 %
d) 2 Monate nach Filtratinjektion	Vt.	13	6 = 46 %
	K.	11	11 = 100 %

*) Vt. = Versuchstiere, K. = Kontrollen. — **) Scheinoperiert.

Leukämiebildung verursacht. Im Gegensatz hierzu zeigte die 1—2 Monate später vorgenommene Splenektomie keinen eindeutigen Hemmeffekt. Bei der Sektion der Tiere wurde auf etwa noch verbliebene Milzreste besonders geachtet. Es konnte festgestellt werden, daß schon beim Verbleib kleiner Milzreste die Leukämogenese, wenn auch mit einer deutlichen Verzögerung, erfolgen kann. Es wäre an die Möglichkeit zu denken, daß bei der Entstehung myeloischer Leukämien durch zellfreie Filtrate der Milz eine ähnliche Bedeutung zukommt wie dem Thymus bei der spontan auftretenden lymphatischen Mäuseleukämie, deren Entstehung durch Thymektomie weitgehend gehemmt wird[4]).

Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Institut für Medizin und Biologie, Berlin-Buch, Abteilung für biologische Krebsforschung

F. Fey und A. Graffi

Eingegangen am 5. Juli 1958

*) 19. Mitteilung.

[1]) Fey, F.: Naturwiss. 44, 541 (1957). — Acta biol. med. germ. 1, 1 (1958). — [2]) Brüda, B. E.: Z. Krebsforsch. 34, 185 (1931). — [3]) Hoepke, H.: Strahlentherap. 93, 196 (1954). — [4]) Kaplan, H. S.: Cancer Res. 14, 535 (1954).

Der Einfluß von Actinomycin-I auf die Stoffwechselgrößen von Ehrlich-Ascites-Tumorzellen

Versuche mit der *Hefe Candida albicans* (Teststamm der Biochemischen Abteilung des Organisch-Chemischen Institutes der Universität Göttingen) ergaben, daß das Actinomycin-I (Act-I) die Atmung nicht beeinflußte, die Glykolyse aber hemmte[8]). Die Actinomycine sind Stoffe, die das Krebswachstum hemmend beeinflussen[2]),[3]),[5]),[7]),[9]),[10]),[11]). Andererseits sind Krebszellen ganz allgemein durch einen hohen Glykolysestoffwechsel ausgezeichnet[12]). Damit erhob sich die Frage, ob Act-I auch bei der Einwirkung auf Tumorzellen die Glykolyse hemmen und dadurch der Vermehrung der Krebszellen entgegenwirken könnte.

Es wurden 20 bis 25 g schwere Mäuse unseres eigenen B-Inzuchtstammes mit dem hyperdiploiden Ehrlich-Ascites-Tumor Lettrés beimpft. Der Tumor war uns von Herrn Professor Lettré liebenswürdigerweise zur Verfügung gestellt worden. Der Tumor wurde intraperitoneal mit einer Tuberculinspritze injiziert. Eine konzentrierte Act-I-Äthanol-Lösung wurde in physiologischer Kochsalzlösung verdünnt: sie enthielt in 1 ml 10γ Act-I. Es wurden folgende Versuchsreihen angesetzt:

1. Unbehandelte Kontrollen, die *vierzehn* Tage nach der Transplantation verarbeitet wurden.

2. Ein Teil erhielt am *elften* Tag nach der Transplantation, nachdem der Tumor bisher unbeeinflußt gewachsen war, 0,1 ml Act-I (= 1γ Act-I) appliziert. Sie wurden am gleichen Tag, 5 Std nach der Injektion, verarbeitet.

3. Ein Teil der Tiere erhielt am *ersten* Tag nach der Transplantation 0,1 ml Act-I, und an den fünf darauf folgenden Tagen jeweils 0,05 ml, insgesamt mithin 0,3 ml Act-I (= 3γ Act-I). Die Tiere wurden am siebenten Tag nach der Transplantation ausgewertet.

4. Ein Teil erhielt vom *dritten* bis *siebenten* Tag nach der Transplantation jeweils 0,05 ml Act-I, insgesamt also 0,25 ml Act-I (= 2,5γ Act-I). Die Tumoren wurden am achten Tag nach der Transplantation verarbeitet.

5. Ein Teil erhielt vom *dritten* bis *zehnten* Tag nach der Transplantation täglich 0,05 ml Act-I, insgesamt 0,4 ml Act-I (= 4γ Act-I) pro Maus. Die Tumoren wurden am elften Tag nach der Transplantation untersucht.

Die Untersuchung auf Atmung, aerobe und anaerobe Glykolyse erfolgte nach Warburg und Hiepler[13]) in Serum. In jeden Versuch wurden 1,5 ml Ascites (entsprechend 55 mg Trockensubstanz), 1,5 ml Substrat (6 mg Glucose), bei den Atmungsversuchen außerdem 0,2 ml 20%ige KOH-Lösung eingesetzt, Temperatur 38° C. Die Asciteszellen wurden von den Erythrocyten durch Zentrifugieren getrennt. Außer mit Serum wurden stets Versuche mit Ringer-Bikarbonat-Lösung gemacht, die hier nicht berücksichtigt sind, da die gefundenen Werte mit den in Serum gewonnenen gleichartig waren.

Zu 1. Unbehandelte Kontrollen ergaben für die Atmung (Q_{O_2}), für die aerobe Glykolyse ($Q_M^{O_2}$) und für die anaerobe Glykolyse ($Q_M^{N_2}$) folgende Werte:

$$Q_{O_2} = 10, \qquad Q_M^{O_2} = 35, \qquad Q_M^{N_2} = 50.$$

Diese und die im Folgenden angegebenen Zahlenwerte sind Mittelwerte aus je drei Versuchen.

Zu 2. Die Werte für eine einmalige Behandlung eines elf Tage alten Ehrlich-Ascites-Tumors mit Act-I waren:

$$Q_{O_2} = 8{,}6, \qquad Q_M^{O_2} = 4{,}1, \qquad Q_M^{N_2} = 1{,}1.$$

Die Atmung wurde mithin nicht beeinflußt, die aerobe und anaerobe Glykolyse war dagegen stark gehemmt.

Zu 3. Erfolgte die Act-I Einwirkung vom ersten bis sechsten Tag, die Auswertung am siebenten Tag, so fanden sich folgende Daten:

$$Q_{O_2} = 0, \qquad Q_M^{O_2} = 6{,}6, \qquad Q_M^{N_2} = 0.$$

Die Atmung und anaerobe Glykolyse sind praktisch unterbunden, die aerobe Glykolyse ist erheblich herabgesetzt.

Zu 4. Wenn vom dritten bis siebenten Tag nach der Impfung mit Act-I behandelt wurde, wenn also der Ascites-Tumor zunächst drei Tage unbeeinflußt wachsen konnte, die Einwirkung einen Tag nach der fünftägigen Act-I-Behandlung erfolgte, fanden sich folgende Werte:

$$Q_{O_2} = 10{,}0, \qquad Q_M^{O_2} = 20{,}4, \qquad Q_M^{N_2} = 71{,}0.$$

Die Atmung war mithin normal, die aerobe Glykolyse ergab geringere Werte als bei den Kontrollen. Die anaerobe Glykolyse war erhöht.

Zu 5. Wurden die Act-I-Injektionen vom dritten bis zehnten Tag durchgeführt, also drei Tage länger als im vorhergehenden Versuch, so ergab sich für

$$Q_{O_2} = 3{,}3, \qquad Q_M^{O_2} = 9{,}3, \qquad Q_M^{N_2} = 28{,}2.$$

Alle drei Werte liegen mithin auffällig niedrig.

Eine genauere Interpretation der nach der verschiedenen Dauer der Act-I-Einwirkung und der dabei applizierten verschieden hohen Act-I-Dosen gefundenen Werte für die Beeinflussung der Atmung und der Glykolyse muß vorerst unterbleiben.

Die Versuche lassen sich nämlich zunächst nicht fortsetzen, da der eine (P.) aus unserem Mitarbeiterkreis ausscheidet. Sie zeigen indes, daß die Versuche über die Beeinflussung der Glykolyse der *Hefe Candida albicans* und des Ehrlich-Ascites-Tumors übereinstimmen, aerobe und anaerobe Glykolyse werden erheblich vermindert, die Atmung wird jedoch nur bei dem Tumor, nicht bei der Hefe beeinflußt. Sie sind überdies ein weiteres Beispiel, daß ein biologischer Nicht-Tumor-Test für die Auswertung einer anticancerogenen Substanz brauchbar sein kann. Unseres Wissens bot bislang nur der Anaerobier *Clostridium feseri* dazu eine Möglichkeit[1]). Gellhorn und Hirschberg[6]) hatten in ihrer bekannten Übersicht über die Testung von Stoffen mit carcinostatischen Wirkungen noch dargelegt, daß ein solcher Nicht-Tumor-Test bisher nicht gefunden wurde.

Durch die Untersuchungen von Ebina und Kurosu[4]) ist andererseits bekannt, daß auch andere krebshemmende Stoffe Atmung und Glykolyse beeinflussen können. Sie *müssen* aber nicht derart wirksam sein. Vielmehr ergab die Prüfung einer größeren Anzahl anticarcinogener Verbindungen, daß keine allgemeine Correlation zwischen der das Tumorwachstum hemmenden Eigenschaft und der Beeinflussung des Stoffwechsels des Tumorgewebes besteht.

Biochemische Abteilung des Organisch-Chemischen Instituts der Universität, Göttingen

P. Präve

Pharmakologische Abteilung der Medizinischen Forschungsanstalt der Max-Planck-Gesellschaft in Göttingen

Fr. Kröning

Eingegangen am 9. September 1958

[1]) Bradner, W. T., u. D. A. Clark: Cancer Res. 18, 299 (1958). — [2]) de Cort, J., u. L. Delcambe: J. Nat. Cancer Inst. 19, 1043 (1957). — [3]) Di Paolo, J. A., G. E. Moore u. T. F. Niedbala: Cancer Res. 17,

1127 (1957). — [4]) EBINA, T., u. M. KUROSU: J. Nat. Cancer Inst. 20, 1023 (1958). — [5]) FARBER, S.: Trans. Stud. Coll. Physicians Philadelphia 23, 74 (1955). — [6]) GELLHORN, A., u. E. HIRSCHBERG: Cancer Res. Suppl. 3, 1 (1955). — [7]) GREGORY, F.I., LEONORA H. PUGH, T. HATA u. R. THIELEN: Cancer Res. 16, 985 (1957). — [8]) PRÄVE, P.: Arch. Mikrobiol. (im Druck). — [9]) REILLY, H.C., C.C. STOCK, S.M. BUCKLEY u. D.A. CLARK: Cancer Res. 13, 684 (1953). — [10]) SUGIURA, K., C. CH. STOCK, H. CHRISTINE REILLY u. M.M. SCHMID: Cancer Res. 18, 66 (1958). — [11]) WAKSMAN, S.A.: Antibiot. and Chemother. 4, 502 (1953). — [12]) WARBURG, O.: Naturwiss. 42, 401 (1955). — [13]) WARBURG, O., u. E. HIEPLER: Z. Naturforsch. 7b, 193 (1952).

Eine neue Art der Beurteilung der Assimilationsfähigkeit der Hefe

Bei Bestimmung der Hefen und Gärungsmikroorganismen führt man Assimilationsproben mit den einzelnen grundlegenden Kohlenstoff- und Stickstoffernährungsquellen durch. Von den Zuckerarten wählt man hierzu Glukose, Galaktose, Maltose, Saccharose und Laktose. Manche Autoren fügen auch Fruktose, Mannose und Raffinose zu. Die Proben führt man auf festen Agarböden mit der Auxanogrammtechnik nach BEIJERINCK oder in flüssigen Böden künstlicher Zusammensetzung aus. In beiden Fällen wird jeder Zucker einzeln geprüft. Manchmal ist es nicht leicht, auf den Platten oder in den Flüssigkeiten zu beurteilen, ob es überhaupt zu einem Wachsen kommt. Schließlich stellt man mikroskopisch fest, daß die Zellen der Stämme, welche die gegebene Ernährungsquelle nicht assimilieren, nicht absterben, sondern am Leben bleiben und sich vergrößern und daß nur das Plasma feinkörnig und dünner wird.

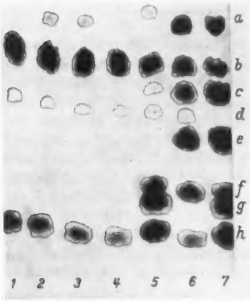

Fig. 1. Chromatogramm des Zukkergemisches, nachdem in ihm eine Woche lang verschiedene Hefen gezüchtet worden waren. *Hefen:* *1* Saccharomyces carlsbergensis Stamm „Pilsen". *2* und *3* Saccharomyces cerevisiae; *2* Stamm „Trenčín", *3* Stamm „Pirna. *4* Zygosaccharomyces priorianus. *5* Pichia vanriji*). *6* Pichia bovis*). *7* Reine Zuckerlösungen. – *Zucker:* *a* Raffinose, *b* Laktose, *c* Maltose, *d* Galaktose, *e* Saccharose, *f* Glukose, *g* Arabinose, *h* Fruktose

Ein ganz anderes Bild über die Assimilierung der Zucker erhält man, wenn man den Hefen ein Zuckergemisch vorlegt, in welchem die einzelnen Bestandteile dem Gewicht nach gleichmäßig vertreten sind. Zu diesem Zweck wurde 5%iges Hefewasser mit einem Gesamtzuckergehalt von 3% verwendet. In diesem waren folgende 8 Zuckerarten in gleichen Gewichtsmengen vorhanden: Glukose, Fruktose, Galaktose, Arabinose, Saccharose, Maltose, Laktose und Raffinose. In dieses Milieu eingeimpfte Stämme wurden eine Woche lang bei 25° C gezüchtet. Nach Ablauf dieser Zeit wurde eine chromatographische Analyse der Zucker auf Papier durchgeführt. Hierbei wurden verwendet: Papier Whatman Nr. 1, als Lösungsmittel Butanol-Essigsäure-Wasser (4:1:5) und als Detektionsmittel ein Gemisch von 5 Teilen 2%iger alkoholischer Diphenylaminlösung, 5 Teilen 2%iger alkoholischer Anilinlösung und 1 Teil 85%iger Phosphorsäure. Ein Beispiel zeigt Fig. 1.

Nach vorangegangener genauer Identifizierung wurden auf diese Weise mehr als 200 Arten, Stämme und Rassen überprüft; die Mehrzahl von ihnen gehörte ursprünglichen, in der Literatur beschriebenen Stämmen an. Es zeigte sich, daß die Hefen in der genannten Zeitspanne die einzelnen Zucker in verschiedener Reihenfolge dem Gemisch der 8 Zuckerarten entnehmen. Es wurde folgende Regelmäßigkeit festgestellt:

1. Kein Stamm entnahm Laktose, auch nicht jene Stämme, welche Laktose als einzige Ernährungsquelle assimilieren oder vergären, solange ein anderer Zucker vorhanden ist. — 2. Auch Fruktose wurde beinahe nicht entnommen; jedoch zeigten sich hier bereits einige Ausnahmen, nämlich Saccharomyces marshalianus, Saccharomyces lactis Dombrowski, S. carlsbergensis Stamm Frohberg, S. intermedius, S. tokyo und S. cerevisiae Stamm Trenčín, welche Fruktose aus dem Zuckergemisch assimilieren. — 3. Alle Stämme der Gattung Rhodotorula (einschließlich der farbigen Mutanten von PAZSONY) assimilieren zuerst die Saccharose aus dem Zuckergemisch, manche stärker, andere schwächer; nur die Mehrzahl der farbigen Mutanten, die sich von Rhodotorula glutinis und von der Gattung Sporobolomyces ableiten, assimilieren neben Saccharose auch Raffinose. — 4. Tief vergärende Arten der Gattung Saccharomyces unterschieden sich deutlich von den übrigen, indem sie die Mehrzahl der Zuckerarten dem Gemisch entnahmen. Untereinander unterschieden sie sich nur dadurch, daß sie auch Raffinose in ungleicher Menge entnahmen. — 5. Mäßiger vergärende Stämme der Gattung S. ließen außer Laktose und Fruktose auch einige andere Zuckerarten, z. B. Galaktose, Maltose, ausnahmsweise aber auch Glukose übrig. — 6. Arten der Gattung Hansenula, Pichia, Zygopichia, Hanseniaspora, Debaryomyces, Klöckera, Nadsonia u. ä. assimilierten aus dem Zuckergemisch nur eine einzige, höchstens aber zwei oder drei Zuckerarten. Die Mehrzahl dieser Vertreter assimilierte nur Arabinose, einige andere nur Galaktose oder Arabinose zusammen mit Galaktose.

Aus den bisherigen Versuchsergebnissen läßt sich schließen, daß die Auswahl der Zucker aus einem Gemisch von Zuckerarten als verläßliches Identifikationsmerkmal dienen kann, sobald man diese Methode noch verfeinert und auf eine noch größere Zahl von Kulturtypen erweitert. Die Autoren werden die Methode auch bei der Bestimmung neuer Isolate verwenden.

Biochemisches Laboratorium des Chemischen Instituts der Slovakischen Akademie der Wissenschaften in Bratislava

ANNA KOCKOVÁ-KRATOCHVÍLOVÁ und
ANNA VOJTKOVÁ-LEPŠÍKOVÁ

Eingegangen am 9. Juni 1956

*) Den Stamm Pichia vanriji haben wir vom National Chemical Research Laboratory, Pretoria, South Africa, Pichia bovis von N. VAN UDEN, Department of Mycology, Botan. Instit., Lissabon (Portugal) bekommen.

Zur Struktur des Bakterienzellkerns *)

Den Feulgen-positiven Strukturen der Bakterien ist seit etwa 20 Jahren besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden [vgl. [3]), [5]), [7])], doch ließen bisher weder lichtmikroskopische

Fig. 1. Bac. megaterium 43500:1

noch elektronenmikroskopische Untersuchungen allgemein anerkannte Aussagen über die Natur dieser Körper zu [vgl. Übersicht bei ROBINOW 1956[6])]. Bei Dünnschnitten durch Bakterien ließ sich jedoch eine fädige Feinstruktur im Bereich dieser Körper feststellen, die PIEKARSKI und GIESBRECHT[4])

zu der Auffassung brachte, daß hier die chromosomalen Strukturen der Bakterien dargestellt wurden. Diese Auffassung erhielt eine wesentliche Stütze durch den Befund, daß bei Schnitten durch den Chromosomenkern eines Dinoflagellaten ganz ähnliche fädige Strukturen nachzuweisen waren, die mit denen der Bakterien durchaus vergleichbar erschienen[1]). Im Arbeitskreis von Herrn Professor PIEKARSKI haben vergleichende Untersuchungen an den Chromosomen dieses Dinoflagellaten (Amphidinium elegans) und Bac. megaterium weitere Aufschlüsse über die Struktur des Zellkerns der Bakterien erbracht.

In Dünnschnitten durch Bac. megaterium erwiesen sich nunmehr die chromosomalen Strukturen dieses Bakteriums als große Schrauben mit bis zu 5 Windungen (Fig. 1) und zeigten damit ein ganz ähnliches Bild wie die Chromosomen des zu Vergleichszwecken untersuchten Dinoflagellaten. Hochaufgelöste Aufnahmen ließen darüber hinaus erkennen, daß diese „Großschrauben" der Bakterien selbst wieder hochgeordnete Strukturen darstellen, da sie anscheinend aus schraubig angeordneten Strukturen makromolekularer Größenordnung aufgebaut sind („Kleinschrauben"; vgl. Pfeil in Fig. 1); damit gleichen sie auch in ihrer Feinstruktur weitgehend den Flagellaten-Chromosomen, wie sie bereits GRELL und WOHLFARTH-BOTTERMANN[2]) beschrieben haben. Eine genauere Analyse der „Großschrauben" der Bakterien ergab darüber hinaus, daß sie zumindest in einem Teil der nicht in Teilung befindlichen Kerne nicht nur aus einer einzigen, sondern offenbar aus zwei ineinandergeschobenen Schrauben bestehen. Eine Entspiralisierung dieser „Großschrauben" erfolgt — ebenso wie anscheinend auch bei Dinoflagellaten[2]) und im Gegensatz zu den meisten anderen Organismen — nur während der Kernteilung [„inverser" Kernteilungstyp[2])]. Die Übereinstimmung dieser „Großschrauben" mit den Chromosomen der Dinoflagellaten geht sogar so weit, daß beide unter abgewandelten Bedingungen ähnliche Strukturveränderungen erfahren.

Die Gesamtheit unserer Befunde führt uns daher zu der Auffassung, daß der Kern von Bac. megaterium ein einziges Chromosom enthält, das offenbar aus zwei Chromatiden bestehen kann.

Eine ausführliche Darstellung erfolgt gemeinsam mit G. PIEKARSKI im Archiv für Mikrobiologie 1958.

Für Aufnahmen mit dem Siemens-Elektronenmikroskop (Typ 100 d) haben wir Herrn Doz. Dr. WOHLFARTH-BOTTERMANN zu danken.

Hygiene-Institut der Universität, Bonn (Direktor: Prof. Dr. Dr. H. EYER)

P. GIESBRECHT

Eingegangen am 9. Juni 1958

*) Nach einem Vortrag, gehalten auf der 6. Tagung der Österreichischen Gesellschaft für Mikrobiologie und Hygiene, Semmering (1958).

[1]) GIESBRECHT, P.: Diss. Bonn 1957. — [2]) GRELL, K. G., u. K. E. WOHLFARTH-BOTTERMANN: Z. Zellforsch. **47**, 7 (1957). — [3]) PIEKARSKI, G.: Arch. Mikrobiol. **8**, 428 (1937). — [4]) PIEKARSKI, G., u. P. GIESBRECHT: Naturwiss. **43**, 89 (1956). — [5]) ROBINOW, C. F.: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. B **130**, 299 (1942). — [6]) Bacteriol. Reos. **20**, 207 (1956). — [7]) STILLE, B.: Arch. Mikrobiol. **8**, 125 (1937).

Eine lichtelektrische Methode zur drahtlosen Fernreizung von freibeweglichen Tieren

Wiederholt sind Versuche gemacht worden, bei elektrischen Reizversuchen an freibeweglichen Tieren die hinderlichen Drahtzuleitungen zu umgehen[1]). Die modernen Sperrschicht-Photozellen und Halbleiter sind bisher nicht verwendete, technische Bauteile, deren Ausnutzbarkeit zur drahtlosen Übertragung von Reizenergie oder zu deren Steuerung nun von uns geprüft wurde. Vorbemerkt sei, daß wir bei den seit längerem laufenden drahtgebundenen und drahtlosen Reizungen aus grundlegenden Überlegungen meist nur Spannungen bis etwa 1 V, oft sogar nur von wenigen hundert mV verwenden. Störende polarisatorische Effekte durch kleinflächige Elektrodenspitzen sind durch Vorbehandlung der Elektroden und Anwendung von Kunstschaltungen zur Abzweigung von Wechselspannungen aus den erzeugten pulsierenden Gleichspannungen bekämpfbar (elektrische Weichen). Diese Tatsache bedingt mit die Anwendbarkeit niedriger Reizspannungen.

Ein Sperrschicht-Photoelement liefert bei Beleuchtungsstärken über etwa 500—1000 Lux, wie sie technisch leicht zu erzielen sind, Spannungen von ungefähr 0,5 V. So ergeben sich mit einfachen Mitteln ausreichende Intensitäten. Zur Frage der Belastbarkeit ergibt sich, daß ab etwa 1000 Lux Beleuchtungsstärke die Stromstärke eine Sättigung erreicht. Die Belastbarkeit der Zelle mit entnommener Stromstärke ist, im Gegensatz zur erzeugten Leerlaufspannung, abhängig von der aktiven Oberfläche der Zelle. 1000 Lux erlauben pro cm^2 Photozellenoberfläche bei Belastung mit einigen hundert Ω die Entnahme von rund $6 \cdot 10^{-5}$ A. Diese Spannungsquelle ist also niederohmig. Das bedeutet, daß durch den Widerstand des gereizten Objektes (z. B. Froschischiadicus etwa 30000 Ω, Zentralnervensystem in vielen Fällen etwa 10000—25000 Ω) ein wesentlicher Abfall der Reizspannungen nicht eintritt. Allerdings liegen die Verhältnisse dann rein energetisch infolge der großen Widerstands-Fehlanpassung ungünstig.

So erstrebenswert eine möglichst kleine und leichte Photozelle zur Lichtfernreizung am frei beweglichen Tier ist, so notwendig kann die Wahl einer größeren Zelle zur Sicherstellung der auftretenden Strombelastung werden. Vorsichtiges Abschleifen des Schichtträgers von der Rückseite her zwecks Verminderung des Gewichtes bei gleichbleibender aktiver Oberfläche und Zerschneiden der so erhaltenen lichtempfindlichen „Folien" auf die geeignete Größe, die im biologischen Versuch ertestet und angepaßt wird, ist möglich. Selbst sehr kleine Tiere, unter Umständen Insekten, dürften so ohne Drahtzuleitung elektrisch reizbar sein. Um einen Zahlenwert zu geben, sei bemerkt, daß Reizerfolge mit Zellen von etwa 6 mm Durchmesser bei 0,45 V Spannung und rund 25 μA Reizstrom durch rhythmisches Belichten mit einem Projektionsapparat erzielt wurden.

Zur Zeit laufen Versuche zur Reizung von Flußkrebsen am Statocytennerv mit einer solchen Einrichtung. Die Tiere sollen dabei im Wasser ungestört beweglich sein. Gerade hier erweist die optische Reizmethode eine Überlegenheit gegenüber unseren bisherigen Verfahren der hoch und höchstfrequenten Fernreizung, da bereits in Gebiete der Niederfrequenz in Wasser sehr starke Erhitzung durch Absorption eintritt. Hier gelang die Umgehung von Drahtzuleitungen bisher nur bei elektromagnetischen Verfahren in Frequenzgebieten des technischen Wechselstromes, die hohe Energieaufwendung im primären Reizkreis (bis zu mehreren kW) voraussetzen.

Erwähnt soll noch werden, daß natürlich bei höherem Spannungsbedarf mehrere Zellen hintereinander geschaltet werden können, wobei sich ihre Spannung und Innenwiderstände addieren.

Gut einsetzbar sind die genannten Photoelemente zur Erzeugung eines dauernd anliegenden Elektrotonus, wobei die oft erwünschte lange Wirkungsdauer durch Wegfall der Drahtzuführung sehr erleichtert wird.

Wo schwaches Dauerlicht, das zur Beobachtung der Versuchstiere notwendig ist, störende elektrotonische Wirkungen zeitigt, besteht die Möglichkeit, 2 Photozellen gegeneinander in Differenzschaltung zu legen und jede selektiv zu belichten. Auf die Möglichkeit der Arbeit mit verschiedenfarbigen — etwa dem Versuchstier nicht wahrnehmbaren — Lichtfarben sei noch hingewiesen.

Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen.

WOLFGANG JECHOREK

Eingegangen am 3. Juli 1958

[1]) BAKURADZE, A.: Bull. Biol. Méd. exp. URSS **4**, 127 (1937). — NEWNAMN, W. H.: J. Physiology **93**, 28 P (1938). — FOLBERT: Bull. Physiol. Congr. Kiew 1953. — GENGERELLI, J. A., u. W. CULLEN: J. Comp. a. Physiol. Psychol. **47**, 204 (1954). — JECHOREK, W., u. E. VON HOLST: Naturwiss. **43**, 455 (1956). — NICOLAI, L.: Pflügers Arch. **262**, 219 (1956).

Besprechungen

Handbuch der Physik. Encyclopedia of Physics. Hrsg. von S. FLÜGGE. Bd. 17: Dielektrika. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1956. VI, 406 S. u. 198 Fig. Gr.-8°. Gzl. DM 94.—.

Der 17. Band des neuen Handbuches der Physik enthält drei sich gegenseitig wohl ergänzende Beiträge über die dielektrischen Eigenschaften der Materie von WILLIAM FULLER BROWN jr. (St. Paul/USA) über „Dielectrics", von WALTER FRANZ (Münster) über „Dielektrischen Durchschlag" und von PETER W. FORSBERGH jr. (Cambridge/USA) über „Piezoelectricity, Electrostriction and Ferroelectricity".

BROWN gibt eine ausgezeichnete Darstellung der Theorie der Dielektrizitätskonstanten im allgemeinen, mit sehr detaillierten Angaben über den Gang der Rechnungen. Ganz besonders werden die Schwierigkeiten hervorgehoben, die dadurch entstehen, daß jede Theorie grundsätzlich die Effekte der Quantisierung, der elektrostatischen Wechselwirkung und der Temperaturbewegung der atomaren Bausteine der Stoffe in Rechnung zu setzen hätte. Es wird klar herausgearbeitet, wie weit die zahlreichen molekularen Erklärungsversuche der Dielektrizitätskonstanten polarer und nichtpolarer Substanzen diesen Forderungen gerecht werden. Die Brownsche Darstellung ist in dieser Hinsicht bedeutend kritischer als die bisher zugänglichen Abhandlungen über das gleiche Gebiet und verdient allein schon deshalb Beachtung. Im Gegensatz dazu ist den rein experimentellen Ergebnissen im ganzen vielleicht etwas zu wenig Raum gewidmet worden. Allerdings findet man ein kurzes Kapitel über die Meßmethoden der Dielektrizitätskonstanten und der dielektrischen Verluste für Gleich- und Wechselfelder mit guten Hinweisen auf die Originalarbeiten.

Leider ist der ganze Artikel eher etwas mühsam zu lesen. Dies rührt wohl weitgehend davon her, daß zahlreiche, weniger wichtige mathematische Formeln unmittelbar in die normalen Schriftzeilen gesetzt worden sind und so mindestens dem deutschsprachigen Leser einen ungewohnten Eindruck machen. In der üblichen Druckweise wäre zweifellos die Seitenzahl gestiegen, aber sicher nicht zum Nachteil des wertvollen Beitrages.

Der dielektrische Durchschlag, ein Phänomen, das nicht nur theoretisch reizvoll, sondern vor allem praktisch von allergrößter Bedeutung ist, hat durch W. FRANZ eine souveräne Darstellung gefunden. Während der Wärmedurchschlag im ganzen gut zu überblicken ist und als mehr oder weniger abgeschlossenes Gebiet betrachtet werden kann, birgt der rein elektrische Durchschlag noch eine Fülle von Problemen in sich. Die Abhandlung befaßt sich denn auch hauptsächlich mit dieser Erscheinung, welche auf Grund der Elektronentheorie der Halbleiter und Isolatoren, wenn auch nicht bis in alle Details, so doch ihrem Wesen nach verständlich gemacht werden kann. Besondere Würdigung finden die grundlegenden Theorien von H. FRÖHLICH.

Der Franzsche Beitrag zeichnet sich durch seine klare und übersichtliche Darstellung, nicht nur inhaltlich, sondern auch drucktechnisch, in vorteilhafter Weise aus. Neben einer sehr lesenswerten historischen Einleitung enthält der Beitrag ein außerordentlich vollständiges Literaturverzeichnis, für welches der Autor besonderen Dank verdient.

Durch die auffallenden Eigenschaften ferroelektrischer Kristalle ist die Aufmerksamkeit in den letzten 20 Jahren wieder auf die längst bekannten piezo- und pyro-elektrischen Erscheinungen gelenkt worden, und es ist daher gegeben, alle drei Phänomene gemeinsam zu beschreiben. In einer allgemeinen Einführung gibt FORSBERGH einen Überblick über das Wesen der Ferro- und Antiferroelektrizität, die man sich gerne etwas klarer und übersichtlicher gewünscht hätte. Die Fülle der Erscheinungen, die an einer einzigen ferroelektrischen Substanz beobachtet werden kann, ist ja bei erster Betrachtung geradezu verwirrend, und bis jetzt ist auch keine Theorie vorhanden, welche eine umfassende Erklärung geben könnte. Die phänomenologisch-thermodynamischen Theorien besitzen auf diesen Gebieten den ganz besonderen Vorteil, ohne Spekulationen über den Mechanismus der elektrischen Polarisation auszukommen, welcher heute noch, trotz des umfangreichen Beobachtungsmaterials, keine einwandfreie Deutung gefunden hat. FORSBERGH gewährt dem Leser einen umfassenden Einblick in den Formalismus der theoretischen Behandlung und zeigt die Grenzen, die ihr gesetzt sind, deutlich auf. Im ganzen entsteht ein wohl abgerundetes Bild der wesentlichen Probleme, wenn auch gewisse Erscheinungen und Beobachtungen, wie z.B. die interessanten elektrooptischen Effekte, überhaupt nicht erwähnt werden. Auch die Literaturangaben sind leider nicht sehr vollständig.

Der ganze Band ist als äußerst wertvolles Werk zu werten und zeigt mit aller Deutlichkeit, welch gewaltige Fortschritte die Erkenntnis auch auf dem Gebiete der festen, flüssigen und gasförmigen Dielektricis in den letzten zwei Jahrzehnten gemacht hat. GEORG A. BUSCH (Zürich)

Hartmann, Max: Gesammelte Vorträge und Aufsätze. Bd. 1. Stuttgart: G. Fischer 1956. 403 S., 140 Abb. u. 45 Tabellen. DM 48.—.

Liest man diese Neuherausgabe von MAX HARTMANNs wissenschaftlichem Werk zu seinem 80. Geburtstag, so empfindet man dankbar das Ereignis, wissenschaftliche Ergebnisse statt aus einem Lehrbuch — und sei es selbst aus MAX HARTMANNs eigener Allgemeiner Biologie — nunmehr aus den Dokumenten des historischen Ablaufs mitzuerleben. Was hier dem jüngeren Forscher spannender Ablauf sein mag, ist dem älteren Erinnerung an einen Abschnitt biologischer Wissenschaftsgeschichte, dessen Zeuge er einst sein durfte und dessen Phasen ihm jetzt wieder mit neuen Farben erfüllt werden. Es ist kein Zufall, daß neben diesem ersten Band der gesammelten Vorträge und Aufsätze „Allgemeine Biologie" ein zweiter „Naturphilosophie" steht [vgl. Naturwiss. **44**, 644, (1957)]. Das ist gerade das Bedeutsame, daß in diesen Aufsätzen, welche die biologische Arbeit MAX HARTMANNs behandeln, das ungeheure, bis ans Letzte gehende Ringen eines Mannes um Erkenntnis sichtbar wird, und daß man in der Diktion dieser Vorträge die lebendige, immer junge Kraft erlebt, mit der sich MAX HARTMANN gegen alle Schwierigkeiten für sein Werk einsetzt. Er wirkt mit so großem Erfolge, weil seine Überzeugungen im tiefsten auch philosophisch erarbeitet sind. Was er in den wissenschaftstheoretischen Kapiteln seiner „Allgemeinen Biologie" oder auch in seinem Buch „Die Philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften" in abstrakter Ableitung dargebracht hat, das lebt er hier in seinem wissenschaftlichen Werk vor. Seitdem ihm die Bedeutung des Problems der Befruchtung für die Grundlegung einer allgemeinen Biologie aufgegangen ist, sieht man HARTMANN damit beschäftigt, eine begriffliche Klärung und allgemeine Formulierung der Fortpflanzungs- und Befruchtungsvorgänge durchzuführen. Man erfährt seinen Blick für das Wesentliche: Er wählt als Objekte die Protisten mit der großen Mannigfaltigkeit ihrer Formen und Beziehungen. Nur so konnte er hoffen, bis zum Entscheidenden vorzustoßen, das zentrale Fortpflanzungs- und Befruchtungsgeschehen von Nebensächlichem, Sekundärem zu sondern und die Grundlage für richtige physiologische Fragestellung wie für erfolgreiche experimentelle Arbeit zu gewinnen (1903 bis 1909). Klar vermag er die alte „Befruchtungstheorie" der Lehre von der Amphimixis als teleologischen Erklärungsversuch von Vererbungs- und Artbildungsphänomenen zu entschleiern. Man erlebt in dem wundervollen Aufsatz IV (1909) mit, wie er, überzeugt von der Fruchtbarkeit der Kausalanalyse für die Forschung, die aufgeworfenen Fragen ganz bis zu ihrem Ende durchdenkt, und wie er, noch bevor er zu experimentieren begonnen hat, rein theoretisch die Sexualität als eigentliche Grundlage der Befruchtung erkennt und hier, der Verifizierung weit voraus, schon das Postulat der sexuellen Differenzierung und das der relativen Sexualität stellen kann. 16 Jahre — gefüllt unter anderem mit Experimenten zur Widerlegung der Verjüngungstheorie der Befruchtung — zielbewußten Suchens waren nötig, um endlich am Mittelmeer das Objekt zu finden, an dem die geforderten Verhaltensweisen aufgewiesen werden konnten. Ohne sehr umfassende Formkenntnis wäre dieses nicht möglich gewesen (XI, 1925).

Eindrucksvoll ist es, wie dann von diesem experimentellen Ergebnis aus mit größerer Sicherheit als zuvor das Gesamtgebiet der modifikatorischen wie der genotypischen Geschlechts

bestimmung durchleuchtet werden kann: „Die bisexuelle Potenz und das relative Stärkeverhältnis der Realisatoren und der durch sie bewirkten sexuellen Determinierung bilden die Grundgesetzlichkeiten, die allen Sexualverhältnissen, vom Protisten bis zum Menschen, zugrunde liegen" (XIII, 1929). Sehr fesseln die Auseinandersetzungen mit gegensätzlichen Erklärungsversuchen (XV, 1934). Aber inzwischen sind den weitgreifenden Deduktionen neue induktive Beweise gefolgt. Auch das ist ein Kennzeichen Hartmannscher Forschungsweise: Niemals wird ein Experiment zu früh angesetzt; jedes erst nach deduktiver Vorbereitung. So postuliert er das allgemeine Vorkommen von Befruchtungsstoffen für beide Geschlechter. Sie werden an Protozoen wie an den Gameten höherer Tiere analysiert. Der Schritt zur Biochemie wird getan (XVI—XIX, 1937 bis 1949). Cytologische Untersuchungen treten wiederum diesen an die Seite (XXI, 1952).

Es wäre verwunderlich, wenn diese Ergebnisse ohne Widerspruch geblieben wären, wenn sich nicht auch in den Untersuchungen, die mit vielen Mitarbeitern geführt werden mußten, Irrtümer eingeschlichen hätten. Aber gerade an dieser Stelle kann sich die unantastbare Größe HARTMANNs beweisen. Kämpferisch scharf und kritisch, wie wir ihn von den Kongressen her kennen, so steht er auch dem eigenen Untersuchungsgebäude gegenüber. Es ist etwas vom Ergreifendsten im ganzen Buch, wie HARTMANN unbeirrt an derjenigen Stelle der Untersuchungen neu wieder einsetzt, an denen Unrichtigkeiten lagen. Sie hatten ihn viele Jahre gehindert. Aber die neue Durcharbeit erwies sich als besonders fruchtbringend. Das Buch endet mit der Bekanntgabe von neuen wesentlichen Befunden zur Bestätigung der Bildung von Gamonen durch Gameten beider Geschlechter, mit Berichten über den derzeitigen Stand der Analyse ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften, sowie der feineren Vorgänge ihrer Wirkungsweise und der Breite ihres Vorkommens. Gleichzeitig bestätigen von ganz anderer Seite erhobene Befunde an parasitischen Flagellaten (Cleveland 1949) eindrucksvoll anschaulich im mikroskopischen Bild die unter so viel Schwierigkeiten experimentell erarbeiteten Vorstellungen über die relative Sexualität (XXII, 1954), wie „selbst die kühnste Phantasie" es sich auszudenken nicht vermocht hätte.

FRIEDRICH SEIDEL (Marburg a. d. Lahn)

Planck, Max: Physikalische Abhandlungen und Vorträge. 3 Bände. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn 1958. Bd. I: XV, 776 S.; Bd. II: XI, 716 S. u. 2 S. Faksimile; Bd. III: XII, 426 S. DIN A 5. Leinen DM 150.—.

Die 3 Bände, in denen das wissenschaftliche Lebenswerk MAX PLANCKS zusammengestellt ist, sind aus Anlaß seines 100. Geburtstages (23. 4. 1958) von dem Verband Deutscher Physikalischer Gesellschaften und der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften herausgegeben worden. „Denn besser als durch Statuen und Büsten wird das Andenken eines Gelehrten historisch getreu bewahrt, wenn man es der Nachwelt erleichtert, im Urtext nachzulesen, was er geschrieben", so heißt es mit Recht in dem von MAX v. LAUE verfaßten Vorwort. Die beiden ersten Bände enthalten, zeitlich geordnet, PLANCKS Dissertation und Habilitationsschrift sowie 119 in Zeitschriften erschienene Abhandlungen mit physikalischen und physikalisch-chemischen Themen. Weggelassen sind vor allem die Preisschrift über das Prinzip von der Erhaltung der Energie sowie die Lehrbücher, also die mehrbändige „Einführung in die theoretische Physik", die Vorlesungen über Thermodynamik und die über die Theorie der Wärmestrahlung; schließlich fehlen die (sehr wenigen) rein polemischen Arbeiten und die meist in Form von Broschüren erschienenen Vorträge, die PLANCK in seinen späteren Jahren vor größeren Zuhörerkreisen gehalten hat und die sich mit philosophischen und weltanschaulichen Themen beschäftigen. Mancher wird das Fehlen dieser Vorträge vielleicht bedauern, weil PLANCK selbst diese seine Tätigkeit als sehr wichtig ansah und weil sich in diesen Vorträgen viel von PLANCKS Persönlichkeit und seiner menschlich-sittlichen Einstellung widerspiegelt; aber zu den „Physikalischen Abhandlungen und Vorträgen" im eigentlichen Sinne gehören sie sicher nicht. Die Wiedergabe ist in den meisten Fällen auf photomechanischem Wege erfolgt, so daß der Leser auch das ursprüngliche Schriftbild vor Augen hat. Band II enthält ein Faksimile des Schreibens, mit dem PLANCK (1920) die Aufnahme M. v. LAUES in die Preußische Akademie der Wissenschaften vorgeschlagen hat.

Die Titel der Arbeiten lassen PLANCKS wissenschaftlichen Weg gut erkennen. Er behandelt zu Anfang fast ausschließlich thermodynamische Fragen; man erkennt mit Interesse, was davon alles in die „Vorlesungen über Thermodynamik" übergegangen ist, teils in der ursprünglichen, teils in geklärter Form. Von 1895 ab wendet sich PLANCK den elektromagnetischen Wellen und der Hohlraumstrahlung zu. Es ist reizvoll und spannend, zu verfolgen, wie er trotz mancher Irrwege, die nicht ausblieben, Schritt für Schritt vorwärts kommt, bis sein Werk schließlich in der theoretischen Begründung seiner zunächst halbempirisch aufgestellten Strahlungsformel und in der Entdeckung des elementaren Wirkungsquantums h kulminiert.

Band II enthält die Arbeiten von 1902 ab. Viele beschäftigen sich mit Fragen der Wärmestrahlung; hat doch PLANCK immer wieder versucht, den durch ihn selbst aufgedeckten Zwiespalt zwischen Quantenphysik und klassischer Physik zu überbrücken. Dazu kommen grundlegende Arbeiten über die (spezielle) Relativitätstheorie, darunter die große Arbeit „Zur Dynamik bewegter Systeme". Auch die Thermodynamik kommt wieder zu ihrem Recht; PLANCKS letzte Untersuchung auf diesem Gebiet (1934) brachte die endgültige Klärung des Prinzips von LE CHATELIER und BRAUN.

Band III ist anderer Art als die beiden andern. Er enthält einmal Vorträge und andere Veröffentlichungen, die grundsätzliche physikalische Fragen in einer auch für nichtphysikalische Leser bestimmten Weise behandeln, darunter den Nobel-Vortrag, zum anderen Gratulationen, Gedächtnisreden usw. Den Abschluß machen Reden auf PLANCK, z. B. die Ansprache, die M. v. LAUE 1947 bei PLANCKS Begräbnis gehalten hat, sowie die Rundfunkansprachen von OTTO HAHN und MAX VON LAUE zu PLANCKS 10. Todestage.

Alles in allem bieten die 3 Bände in der Tat ein monumentum aere perennius, für dessen Schaffung alle gegenwärtigen und alle künftigen Physiker von Herzen dankbar sein werden.

E. LAMLA (Göttingen)

Tischer, J.: Mikrowellen-Meßtechnik. (Technische Physik in Einzeldarstellungen, hrsg. von W. MEISSNER, Bd. 12.) Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1958. München: J. F. Bergmann 1958. Gr.-8°. XI, 310 S. u. 257 Abb. Gzl. DM 54.—.

Die Mikrowellen, d. h. die elektromagnetischen Wellen mit Wellenlängen im cm- und mm-Bereich haben vor allem im letzten Jahrzehnt eine außerordentlich große Entwicklung erlebt und spielen nicht nur in der Nachrichtentechnik, sondern auch auf vielen Gebieten der Physik und Chemie eine wesentliche Rolle. Entsprechend der Zahl der Anwendungen ist auch die Meßtechnik enorm entwickelt, und eine fast unübersehbare Zahl von Arbeiten, besonders in der amerikanischen Literatur, ist auf diesem Gebiet erschienen. Es ist darum ein verdienstvolles Werk, nunmehr auch in der deutschen Literatur aus der Fülle des Stoffes eine zusammenfassende Darstellung aller einschlägigen Probleme zu haben, dies aus der Feder eines Verfassers, der auf dem Gebiet selbst viel gearbeitet und es in zahlreichen Vorlesungen in den skandinavischen Ländern vertreten hat. Das Buch ist in der von Professor W. MEISSNER herausgegebenen Buchreihe „Technische Physik in Einzeldarstellungen" erschienen. Einige Kapitelüberschriften mögen den Umfang des dargestellten Stoffes zeigen: Frequenzmessung, Leistungsmessung, Anpassungs- und Impedanzmessung, Abschlußelemente, Durchgangselemente, Messung des Gütewertes von Hohlraumkreisen, Materialmessung, Antennenmessung, Feldstärke- und Feldverteilungsmessung, Rauschmessung. Das jedem Abschnitt beigegebene Literaturverzeichnis weist aus, daß die Literatur im allgemeinen bis zum Jahre 1956 berücksichtigt wurde. Das Buch, das knapp und klar geschrieben ist, ist eine gute Einführung in das gesamte Gebiet; es wird aber auch dem auf dem Gebiet der Mikrowellen arbeitenden Fachmann manches bringen, und schließlich wird auch derjenige, der sich mehr oder minder unerfahren mit dem Gebiet der Mikrowellenmeßtechnik zu befassen hat, das Buch mit großem Gewinn zu Rate ziehen.

E. MEYER (Göttingen)

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin-Wilmersdorf Heidelberger Platz 3. — Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany

Handbuch der Physik - Encyclopedia of Physics

Herausgegeben von/Edited by **S. Flügge**, Marburg

Soeben erschienen:

Band 12:

Thermodynamik der Gase - Thermodynamics of Gases

Mit 253 Figuren. VI, 686 Seiten Gr.-8°. 1958. Ganzleinen DM 154.—; Subskriptionspreis Ganzleinen DM 123.20

Inhaltsübersicht: The Properties of Real Gases. By J. S. Rowlinson, Manchester (Great Britain). — Theory of Real Gases. By J. E. Mayer, Chicago, Ill. (USA). — Principles of the Kinetic Theory of Gases. By H. Grad, New York, N.Y. (USA). — Transporterscheinungen in Gasen von mittlerem Druck. Von L. Waldmann, Mainz (Deutschland). — Allgemeine Vakuumphysik. Von R. Jaeckel, Bonn a. Rh. (Deutschland). — Production and Measurement of Ultrahigh Vacuum. By D. Alpert, Urbana, Ill. (USA). — Sachverzeichnis (Deutsch/Englisch). Subject Index (English/German).

38. Band, I. Teil:

Äußere Eigenschaften der Atomkerne - External Properties of Atomic Nuclei

Mit 160 Figuren. VI, 471 Seiten Gr.-8°. 1958. Ganzleinen DM 118.—; Subskriptionspreis Ganzleinen DM 94.40

Inhaltsübersicht: Atomic Masses of Nuclides. By A. H. Wapstra, Amsterdam (Netherlands). — Determination of Atomic Masses by Microwave Methods. By S. Geschwind, Murray Hill, N. J. (USA). — Determination of Nuclear Spins and Magnetic Moments by Spectroscopic Methods. By F. M. Kelly, Winnipeg (Canada). — Isotope Shifts. By L. Wilets, Princeton, N. J. (USA). — Kernmagnetische Hochfrequenz-Spektroskopie. Von G. Laukien, Stuttgart (Deutschland). — Determination of Nuclear Quadrupole Moments. By Ch. H. Townes, New York, N. Y. (USA). — Sachverzeichnis (Deutsch/Englisch). Subject Index (English/German).

In Kürze erscheint:

51. Band:

Astrophysik II: Sternaufbau - Astrophysics II: Stellar Structure

Mit etwa 197 Figuren. Etwa 820 Seiten Gr.-8°. 1958.
Ganzleinen DM 175.—; Subskriptionspreis Ganzleinen DM 140.—

Inhaltsübersicht: Stellar Interiors. By M. H. Wrubel, Blommington, Indiana (USA). — The Hertzsprung-Russell-Diagram. By H. C. Arp, Pasadena, California (USA). — Stellar Evolution. By G. R. Burbidge and E. M. Burbidge, Chicago, Illinois (USA). — Die Häufigkeit der Elemente in den Planeten und Meteoriten. Von H. E. Suess, La Jolla, Californien (USA), und H. C. Urey, Chicago, Illinois (USA). — The Abundances of the Elements in the Sun and Stars. By L. H. Aller, Ann Arbor, Michigan (USA). — Variable Stars. By P. Ledoux, Cointe-Sclessin (Belgique), and Th. Walraven, Pretoria (South-Africa). — Stellar Stability. By P. Ledoux, Cointe-Sclessin (Belgique). — Magnetic Fields of Stars. By A. J. Deutsch, Pasadena, California (USA) — Théorie des naines blanches. Par E. Schatzman, Ottawa (Canada). — The Novae. By C. Payne-Gaposchkin, Cambridge, Massachusetts (USA). — Supernovae. By F. Zwicky, Pasadena, California (USA).

Jeder Band ist einzeln käuflich. Das Gesamtwerk kann zum Subskriptionspreis bezogen werden. Für noch nicht erschienene Bände wird jeweils für den Einzelbezug ein Vorbestellpreis festgesetzt, der bei Erscheinen erlischt.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Handbuch der Pflanzenphysiologie
Encyclopedia of Plant Physiology

Herausgegeben von **W. Ruhland**, Unterdeufstetten in Gemeinschaft mit E. Ashby, Belfast, J. Bonner, Pasadena, M. Geiger-Huber, Basel, W. O. James, Oxford, A. Lang, Los Angeles, D. Müller, Kopenhagen, M. G. Stålfelt, Stockholm.

In 18 Bänden. Jeder Band ist einzeln käuflich.

Ende 1958 wird erscheinen in Teil III / Part III:

Wachstum, Entwicklung, Bewegungen / Growth, development, movements.

17. Band

Physiologie der Bewegungen - Physiology of movements

Teil I

Bewegungen durch Einflüsse mechanischer und elektrischer Natur sowie durch Strahlungen

Movements due to mechanical and electrical stimuli and to radiations

Redigiert von E. Bünning. Mit etwa 512 Abbildungen. Etwa 864 Seiten Gr.-8°. 1958.

Vorbestellpreis gültig bis zum Erscheinen Ganzleinen DM 172.80

Endgültiger Ladenpreis nach Erscheinen Ganzleinen DM 216.—

Bei Verpflichtung zur Abnahme des Gesamtwerkes gilt der Vorbestellpreis auch nach Erscheinen des Bandes weiter als Subskriptionspreis, jedoch ist jeder Band bzw. Bandteil zum Ladenpreis einzeln käuflich.

Inhaltsübersicht: **I. Einführung und Übersicht.** Von E. Bünning, Tübingen. — **II. Allgemeines.** A. Allgemeine Gesetze und Phänomene der pflanzlichen Bewegungsphysiologie. Von E. Bünning, Tübingen. — B. Der Erregungsvorgang. Von K. Umrath, Graz, Österreich. — C. Mögliche Mechanismen von Krümmungsbewegungen. Von K. Umrath, Graz, Österreich. — **III. Die Wirkung von Wundreizen.** Von E. Bünning, Tübingen. — **IV. Die Wirkung elektrischer Reize auf Zellen.** A. Allgemeines über die Wirkung elektrischer Reize auf Zellen. Von K. Umrath, Graz, Österreich. — B. Electronasty and electropism. By A. R. Schrank, Austin, Texas, USA. — C. Galvanotaxis. Von K. Umrath, Graz, Österreich. — **V. Seismo- und Thigmoreaktionen.** A. Seismonastie. a) Die physiologische Anatomie seismonastisch reaktionsfähiger Organe. Von H. von Guttenberg, Rostock. — b) Die seismonastischen Reaktionen. Von E. Bünning, Tübingen. — c) Die Reizleitung bei der Seismonastie. Von K. Umrath, Graz, Österreich. — B. Thigmonastie und Thigmotropismus. a) Anatomie physiologique des organes thigmotropiques et thigmonastiques. Par L. Baillaud, Besançon, France. — b) Die thigmonastischen und thigmotropischen Reaktionen. Von E. Bünning, Tübingen. — **VI. Phototaxis.** A. Chloroplastenbewegung. Von W. Haupt, Tübingen. — B. Die Phototaxis der Algen. Von W. Haupt, Tübingen. — C. Phototaxis of purple bacteria. By R. K. Clayton, Monterey, California, USA. — **VII. Photodinese.** Von W. Haupt, Tübingen. — **VIII. Reizbewegungen der Spaltöffnungen.** A. Die physiologische Anatomie der Spaltöffnungen. Von H. von Guttenberg, Rostock. — B. Light and carbon dioxide in stomatal movements. By O. V. S. Heath, Reading, Great Britain. — C. Sonstige Reizreaktionen der Spaltöffnungen. Von M. G. Stålfelt, Stockholm, Schweden. — **IX. Phototropismus und Photonastie.** A. Phototropismus und Photonastie der Laubblätter. Von L. Brauner, München. — B. Phototropism of stems, roots, coleoptiles. By A. W. Galston, New Haven, Connecticut, USA. — C. Phototropism of lower plants. By G. H. Banbury, Durham, Great Britain. — **X. Tagesperiodische Bewegungen.** Von E. Bünning, Tübingen. — Namenverzeichnis. Author Index. — Sachverzeichnis (Deutsch-Englisch). Subject Index (English—German).

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Dieses Heft enthält einen Prospekt der Volkswohl Krankenversicherung VaG., Dortmund